

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Inventor :Norihiko SHINOMIYA  
Filed :Concurrently herewith  
For :METHOD OF AND APPARATUS .....  
Serial Number :Concurrently herewith

February 27, 2004


Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

**PRIORITY CLAIM AND**  
**SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT**

S I R:

Applicant hereby claims priority under 35 USC 119 from **Japanese** patent application number **2003-098198** filed **April 1, 2003**, a copy of which is enclosed.

Respectfully submitted,

  
Brian S. Myers  
Reg. No. 46,947

Customer Number:  
026304  
Docket No.: FUS 20.991

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年    4 月    1 日  
Date of Application:

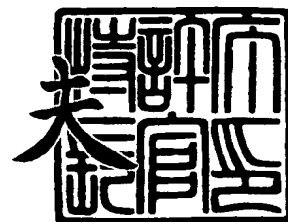
出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 0 9 8 1 9 8  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 3 - 0 9 8 1 9 8 ]

出    願    人            富 士 通 株 式 会 社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月    4 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願

【整理番号】 0252367

【提出日】 平成15年 4月 1日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04L 12/56

【発明の名称】 迂回通信経路設計方法

【請求項の数】 5

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

    【氏名】 篠宮 紀彦

【特許出願人】

    【識別番号】 000005223

    【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100089118

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 酒井 宏明

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 036711

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

    【包括委任状番号】 9717671

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 迂回通信経路設計方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の通信ノードを接続して構成される通信ネットワークの各通信ノードに迂回通信経路情報を予め設定しておき、リンク障害または通信ノード障害が発生した場合、障害検知通信ノードが障害箇所情報を含む障害通知メッセージを各通信ノードに転送し、障害通知メッセージを受信した通信ノードが並列に通信経路を切替える通信ネットワークの迂回通信経路設計方法であって、

現用通信経路上の障害箇所より上流にある通信ノードの中で、障害検知通信ノードから前記障害通知メッセージを転送する時間が最小の通信ノード N を選択する通信ノード選択工程と、

前記通信ノード N への障害通知時間を越えない通信ノードから構成される迂回通信経路を探索する探索工程と、

を含むことを特徴とする迂回通信経路設計方法。

【請求項 2】 前記通信ノード選択工程では、前記現用通信経路上の障害箇所より上流にある通信ノードの中で、障害検知通信ノードから障害通知メッセージを転送する時間が、与えられた上限以内の前記通信ノード N を選択することを特徴とする請求項 1 に記載の迂回通信経路設計方法。

【請求項 3】 前記通信ノード選択工程では、前記現用通信経路上の障害箇所より上流にある通信ノードの中で、障害検知通信ノードから障害通知メッセージを転送する時間が最小の通信ノード N を選択し、前記探索工程では、前記通信ノード N への障害通知時間を越えない前記通信ノードから構成され、かつ異なる障害に対して予備通信容量の共有が可能な迂回通信経路を探索することを特徴とする請求項 2 に記載の迂回通信経路設計方法。

【請求項 4】 前記通信ノード選択工程では、現用通信経路上の障害箇所より上流にある通信ノードの中で、障害検知通信ノードから障害通知メッセージを転送する時間が、与えられた上限以内の通信ノード N を選択し、前記探索工程では、前記通信ノード N への障害通知時間を越えない通信ノードから構成され、かつ異なる障害に対して予備通信容量の共有が可能な迂回通信経路を探索すること

を特徴とする請求項 2 に記載の迂回通信経路設計方法。

【請求項 5】 前記通信ノード N への障害通知時間と通信ノードのスイッチング時間と信号の伝搬遅延との和から、通信経路の復旧時間を計算する復旧時間計算工程を含むことを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか一つに記載の迂回通信経路設計方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、通信経路の障害発生時における切り替え先の迂回通信経路を設計するための迂回通信経路設計方法に関するものであり、特に、より現実的に、障害発生時に通信経路の復旧時間を短縮することができる迂回通信経路設計方法を提供することを目的とする。

【0002】

【従来の技術】

インターネットのサービス多様化と需要拡大に伴い、基幹網を流れる通信トラフィック量は、劇的に増加し続けている。このため、基幹網では、波長分割多重(WDM: Wavelength Division Multiplexing)技術を基盤として、大容量化、高速化が進められている。

【0003】

また、メッシュ型ネットワークのフレキシブルな制御や予備波長の共有による効率的な運用のために、光クロスコネクタ(OXC: Optical Cross Connect)および光分岐システム(OADM: Optical Add-Drop Multiplexer)の開発も進んでおり、新しい通信インフラの構築とサービスの導入が期待されている。

【0004】

大容量のWDMネットワークにおいて、システムが収容するサービスが多くなるに伴い、障害が発生した場合の被害も同時に大きくなっている。このため、ネットワークの信頼度を高める高度な管理システムの開発が課題となる。特に、光レイヤでリンク障害や通信ノード障害から高速にサービスを復旧させる技術が重要となる。

## 【0005】

本発明者らは、WDMネットワークにおいて高速な障害復旧を実現するプリプラン型障害復旧方式の検討を進めている（文献：藤井泰希、宮崎啓二、伊勢田衡平、「プリプラン型障害復旧方式の検討」信学技報TM2000-60、 pp.67-72、 Nov 2000参照）。

## 【0006】

かかるプリプラン型障害復旧方式では、予め迂回通信経路情報が設定された通信ノードに対して、順次障害を検知した通信ノードから隣接通信ノードに障害情報を通知していく（フラッディングという）ことにより、各通信ノードは設定されている迂回通信経路情報に従い通信経路を並列に切り替える。これにより迂回通信経路を動的に探索する時間を短縮でき、高速なサービス復旧が期待できる。

## 【0007】

しかし、並列な通信経路切り替えが可能だとしても、切り替える迂回通信経路上の通信ノードが障害通知を受信するまでの時間が長ければ、高速なサービス復旧は実現できないという問題が残されている。

## 【0008】

図19は、上述した従来のプリプラン型障害復旧方式を説明する図である。同図には、端局間で光信号を送受信する光パスを基本とするネットワークであって、特に、WDM技術を用いて、光ファイバ内に複数の光信号を多重化し、中継に光クロスコネクタ(OXC)を用いたネットワークが図示されている。

## 【0009】

図19において、通信ノード1から通信ノード2への中で通信ノード17、10、12、14の現用通信経路WP1で通信が行われていると想定する。ここで、例えば通信ノード10、12間で、障害11が発生すると、下流側の通信ノード12がこの障害発生を検知する。各通信ノードは、光スイッチとしての光クロスコネクタから構成されている。

## 【0010】

この光クロスコネクタは、光信号入力部側のポートと、光信号出力部側のポートとの間の接続状態を、内蔵されたミラー（図示略）の角度を調整することによ

り切り替える機能を備えている。

【0011】

そして、障害を検知した通信ノード12が障害箇所情報を含む障害通知メッセージ13を（隣接）通信ノード14に転送し、（隣接）通信ノード14は、更に（隣接）通信ノード15に通知するというように、順次隣接通信ノードに通知する（フラッディングという）。

【0012】

（迂回通信経路中継）通信ノード15、16と、（通信経路切り替え）通信ノード14、17とは、障害通知メッセージを初めて受信した場合のみ、受信した通信ノードを除く全ての隣接通信ノードに対して障害通知メッセージを転送する。

【0013】

ついで、予め設定された迂回通信経路情報に従い、通信経路が現用通信経路WP1から迂回通信経路SP1に切り替えられる。

【0014】

ここで、設定した迂回通信経路上の迂回通信経路中継通信ノードまたは通信経路切り替え通信ノードが、障害検知通信ノードから距離が離れていて、障害通知メッセージを受信するまでに時間がかかると、通信経路の復旧が遅れる大きな原因となる。

【0015】

そこで、従来では、迂回通信経路の設計時に障害を検知した通信ノードから、迂回通信経路上の全ての通信ノードへ障害通知メッセージを転送する時間が、与えられた上限時間を超えない迂回通信経路を予め探索しておき、この迂回通信経路を各通信ノードに設定している（特許文献1～3、非特許文献1参照）。

【0016】

【特許文献1】

特開平3-241938号公報

【特許文献2】

特開2002-77244号公報

**【特許文献 3】**

特開 2 0 0 2 - 2 8 1 0 6 8 号公報

**【非特許文献 1】**

藤井泰希、宮崎啓二、伊勢田衡平、「プリプラン型障害復旧方式の検討」信学技報TM2000-60、 pp. 67-72、 Nov2000

**【0 0 1 7】****【発明が解決しようとする課題】**

ところで、従来においては、障害が発生した場合に現用通信経路から迂回通信経路へ切り替えられるが、現用通信経路上の障害の箇所よりも上流側の切り替え通信ノードの選択如何によっては、通信経路の復旧が遅れるという問題が発生する。

**【0 0 1 8】**

すなわち、通信経路を切り替える通信ノードでは、初期設定としてミラーを大まかに角度調整する初期設定工程と、上流からの光信号の入力を受けて出力が正常になるようにミラーの角度を微調整する微調整工程という二つの工程が必要となる。かかる工程が迂回通信経路における上流側の切り替え通信ノードから下流側の切り替え通信ノードまで逐次実行されなければ、迂回通信経路が開通しない。

**【0 0 1 9】**

従って、上流側の切り替え通信ノードをいかに速く切り替えるかが、復旧時間を短縮するポイントとなる。

**【0 0 2 0】**

しかしながら、従来では、障害検知通信ノードから障害通知メッセージを転送する時間が、与えられた上限時間を超えないという条件の迂回通信経路を通信ノードに設定しているが、必ずしも、上流側の切り替え通信ノードが最も早く切り替えられるとは限らないため、通信経路の復旧が遅れる場合があった。

**【0 0 2 1】**

本発明は、上記に鑑みてなされたもので、より現実的に、障害発生時に通信経路の復旧時間を短縮することができる迂回通信経路設計方法を提供することを目



的とする。

#### 【0022】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明は、複数の通信ノードを接続して構成される通信ネットワークの各通信ノードに迂回通信経路情報を予め設定しておき、リンク障害または通信ノード障害が発生した場合、障害検知通信ノードが障害箇所情報を含む障害通知メッセージを各通信ノードに転送し、障害通知メッセージを受信した通信ノードが並列に通信経路を切替える通信ネットワークの迂回通信経路設計方法であって、現用通信経路上の障害箇所より上流にある通信ノードの中で、障害検知通信ノードから前記障害通知メッセージを転送する時間が最小の通信ノードNを選択する通信ノード選択工程と、前記通信ノードNへの障害通知時間を越えない通信ノードから構成される迂回通信経路を探索する探索工程と、を含むことを特徴とする。

#### 【0023】

この発明によれば、現用通信経路上の障害箇所より上流にある通信ノードの中で、障害検知通信ノードから障害通知メッセージを転送する時間が最小の通信ノードNを選択し、通信ノードNへの障害通知時間を越えない通信ノードから構成される迂回通信経路を探索することとしたので、上流側の通信ノードが迅速に切り替えられ、より現実的に、障害発生時に通信経路の復旧時間を短縮することができる。

#### 【0024】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明にかかる迂回通信経路設計方法の一実施の形態について詳細に説明する。

#### 【0025】

図1は、本発明にかかる一実施の形態の概略構成を示すブロック図である。同図には、迂回通信経路設計方法が適用される光通信ネットワークNWと、その構成／障害管理を行うためのネットワーク管理システム（NMS）100が図示されている。

## 【0026】

光通信ネットワークNWは、複数xの通信ノードN1～Nxが光パスで相互接続されており、クライアント信号の出入口としてのエッジ通信ノードEN1およびEN2を経由して、他のネットワーク（図示略）と接続されている。これらの通信ノードN1～Nxのそれぞれは、前述した光クロスコネクタで構成されており、予備通信容量（資源）割当て、障害検知、障害通知メッセージの転送（フラッディング）、障害通知メッセージの解析等を行う。

## 【0027】

ネットワーク管理システム100は、障害管理に利用される専用ネットワーク200を介して通信ノードN1～Nxに接続されており、光通信ネットワークNWにおける構成管理機能、障害管理機能、迂回通信経路設計機能を備えている。

## 【0028】

また、ネットワーク管理システム100は、各機能に必要な情報を管理情報データベースDBに格納している。構成管理機能では、現用通信経路の設定要求を受け付け、光通信ネットワークNWのトポロジ（通信ノードおよびリンクで表現されるネットワークの形態）を表すトポロジ情報に基づいて、現用通信経路を設定し、現用通信経路情報が管理情報データベースDBに格納される。

## 【0029】

また、障害管理機能では、管理情報データベースDBに格納されている現用通信経路のための迂回通信経路設計を要求し、得られた迂回通信経路が管理情報データベースDBに格納される。さらに、障害管理機能では、迂回通信経路情報101が作成され、専用ネットワーク200を介して、通信ノードN1～Nxへ配信される。

## 【0030】

また、迂回通信経路設計機能では、ユーザの設定要求に基づき迂回通信経路が設計され、要求により、障害通知時間の短縮化や、総予備通信容量（資源）の最小化が図られる。

## 【0031】

光通信ネットワークNW上の通信ノードN1～Nxは、配布された迂回通信経

路情報を後述する迂回通信経路情報テーブルに格納し、予備通信容量（資源）を割当てて、光通信ネットワークNW上に障害が発生した場合、各通信ノードにより検知され、障害通知メッセージが転送（フラッディング）される。

#### 【0032】

図2は、図1に示した通信ノードN1～Nxの構成を示すブロック図である。同図において、光信号入力部50は、自通信ノードに接続されたリンクを構成する1または複数の伝送媒体（例えば、光ファイバ）をWDMにより終端し、この終端したリンクに含まれる各通信パスを通して入力される各種の光信号を受信する。

#### 【0033】

光スイッチ部51は、MEMS（Micro Electro-Mechanical System）を利用したスイッチであり、光信号入力部50側のポートと、光信号出力部52側のポートとの間の接続状態を、内蔵されたミラー（図示略）の角度（MEMS角度という）を調整することにより切り替える。ここで、光信号入力部50の各ポートと、光信号出力部52の各ポートには、通信ノード内で重複しないチャンネル番号が割り当てられている。

#### 【0034】

光信号出力部52は、自通信ノードに接続されたリンクを構成する1または複数の伝送媒体を終端し、この終端したリンクに含まれる各通信パスに各種の光信号を出力する。

#### 【0035】

入力側信号監視部53は、光信号入力部50に対応して設けられており、光信号入力部50へ入力される光信号を監視し、該光信号の品質を後述する主制御部58へ通知する。

#### 【0036】

一方、出力側信号監視部54は、光信号出力部52に対応して設けられており、光信号出力部52から出力される光信号を監視し、該光信号の品質を主制御部58へ通知する。

#### 【0037】

メッセージ受信部 5 5 は、隣接する通信ノードから送られてくる障害通知メッセージを受信する。この障害通知メッセージには、障害が発生したリンクを特定するための障害箇所情報が含まれている。

【 0 0 3 8 】

メッセージ処理部 5 6 は、メッセージ受信部 5 5 に受信された障害通知メッセージを保持する。なお、同じ障害通知メッセージが異なる通信ノードからそれぞれ送信された場合、メッセージ処理部 5 6 は、最初に受信した障害通知メッセージのみを保持する。

【 0 0 3 9 】

また、メッセージ処理部 5 6 は、保持している障害通知メッセージを探索することにより、メッセージ受信部 5 5 によって新たに受信された障害通知メッセージがそれまでに受信済みの障害通知メッセージと重複しないか否かを判断する。すなわち、メッセージ処理部 5 6 は、メッセージ受信部 5 5 に受信された障害通知メッセージが新規な障害通知メッセージであるか否かを判断する。

【 0 0 4 0 】

ここで、メッセージ受信部 5 5 に受信された障害通知メッセージが、新規な障害通知メッセージである場合、メッセージ処理部 5 6 は、メッセージ送信部 5 7 に対して、当該障害通知メッセージを送信する指示を出す。メッセージ送信部 5 7 は、メッセージ処理部 5 6 からの上記指示に基づいて、当該障害通知メッセージを隣接通信ノードへ送信する。

【 0 0 4 1 】

また、メッセージ処理部 5 6 は、メッセージ送信部 5 7 への指示を出した後、迂回通信経路テーブル T B を参照し、主制御部 5 8 に対して、通信経路を切り替える指示を出す。

【 0 0 4 2 】

迂回通信経路テーブル T B は、図 1 に示したネットワーク管理システム 1 0 0 から配信された迂回通信経路情報 1 0 1 を格納するテーブルである。迂回通信経路テーブル T B は、図 3 に示したように、障害箇所、障害現用通信経路、迂回通信経路および障害検知通信ノードというフィールドを備えている。

**【 0 0 4 3 】**

障害箇所は、光通信ネットワークNW（図1参照）において障害が発生した箇所をリンク（通信ノードー通信ノード間）で表したものである。例えば、リンクL1（N1ーN2間）は、通信ノードN1と通信ノードN2との間のリンクL1で障害が発生したことを表している。

**【 0 0 4 4 】**

障害現用通信経路は、障害箇所を含む現用通信経路を通信ノード系列で表したものである。例えば、WP1（N1、N2）は、通信ノードN1を始点、通信ノードN2を終点とする障害現用通信経路を表している。

**【 0 0 4 5 】**

障害検知通信ノードは、上記障害箇所に対して下流側直後に位置する通信ノードであって、光信号の断（受信不可）により障害を検知する通信ノードである。

**【 0 0 4 6 】**

迂回通信経路は、上記障害現用通信経路に1対1で対応するように予め決められており、障害発生時における切り替え先の通信経路である。この迂回通信経路では、通信ノード系列で表されている。

**【 0 0 4 7 】**

例えば、SP1（N1、N4、N5、N2）は、通信ノードN1を始点とし、通信ノードN4および通信ノードN5を経由して、通信ノードN2を終点とする迂回通信経路を表している。

**【 0 0 4 8 】**

上述の例では、障害現用通信経路でWP1上のリンクL1で障害が発生すると、通信ノードN2で障害が検知された後、障害通知メッセージが送信される。そして、障害通知メッセージを受信した各通信ノードは、迂回通信経路テーブルTBを参照して、障害現用通信経路であるWP1から迂回通信経路であるSP1へと通信経路を切り替えるための処理を実行する。

**【 0 0 4 9 】**

図2に戻り、メッセージ処理部56は、受信した新規の障害通知メッセージに含まれている障害箇所情報と、上述した迂回通信経路テーブルTBを参照し、自

通信ノードが迂回通信経路に含まれているか否かを判断する。含まれている場合、主制御部 58 に対して、通信経路を切り替える指示を出す。

#### 【0050】

上記指示は、例えば、リンク L X で障害が発生した時に設定される迂回通信経路に自通信ノードが含まれている場合、リンク L X に対応して迂回通信経路を設定するに必要な光スイッチ部 51 の入力ポートのチャンネル番号と、出力ポートのチャンネル番号との組合わせである。

#### 【0051】

主制御部 58 は、メッセージ処理部 56 からの切り替え指示に基づいて、スイッチ制御部 59 に対して、MEMS 角度の初期設定を指示する。スイッチ制御部 59 は、光スイッチ部 51 のミラーを上記 MEMS 角度に初期設定する。この初期設定では、大まかにしか角度調整されない。

#### 【0052】

また、主制御部 58 は、初期設定後、出力側信号監視部 54 からの信号品質の通知を待つ。そして、上流側からの光信号が当該通信ノードに到達すると、光信号は、光信号入力部 50、光スイッチ部 51 および光信号出力部 52 を通過する。

#### 【0053】

このとき、光信号入力部 50 は、入力された光信号の品質を入力側信号品質として入力側信号監視部 53 を介して主制御部 58 へ通知する。同様にして、出力側信号監視部 54 は、光信号出力部 52 から出力された光信号の品質を出力側信号品質として主制御部 58 へ通知する。

#### 【0054】

ここで、入力側信号品質には異常が無く、出力側信号品質に異常が見られる場合、主制御部 58 は、光スイッチ部 51 における MEMS 角度の調整不良と判断し、MEMS 角度を微調整するようにスイッチ制御部 59 へ指示を出す。

#### 【0055】

以後、主制御部 58 は、出力側信号監視部 54 からの出力側信号品質のフィードバックを受けながら、出力側信号品質にエラーが検知されなくなるまで、ME

MS 角度の微調整を指示するというフィードバック制御を実行する。

#### 【0056】

このフィードバック制御による微調整は、上流側の切替え通信ノードから下流側の切替え通信ノードまでの各通信ノードで逐次実行される。各通信ノードの全てにおいてフィードバック制御が完了しないと、迂回通信経路（光パス）が開通しない。

#### 【0057】

また、光信号入力部 50 に繋がるリンクに障害が発生した場合、すなわち、光信号断等により、入力側信号監視部 53 からの入力側信号品質がエラーとなった場合、主制御部 58 は、その旨をメッセージ処理部 56 へ通知する。

#### 【0058】

メッセージ処理部 56 は、リンク単位の障害箇所、障害検知通信ノード（自通信ノード）の情報を含む障害通知メッセージを作成し、メッセージ送信部 57 に送信させる。障害通知メッセージは、他の通信ノードにフラッディングにより通知される。

#### 【0059】

図 4 は、図 1 に示したネットワーク管理システム 100 の構成を示すブロック図である。同図において、ネットワーク管理システム 100 は、記憶部 110、構成管理部 120、迂回通信経路設計部 130 および障害管理部 140 から構成されている。

#### 【0060】

記憶部 110 には、管理情報データベース DB（図 1 参照）が設けられている。この管理情報データベース DB には、トポロジ情報 111、現用通信経路情報 112 および迂回通信経路情報 113 が格納されている。

#### 【0061】

トポロジ情報 111 は、迂回通信経路の設計対象である光通信ネットワーク NW（図 1 参照）のトポロジを表す情報である。このトポロジ情報 111 は、図 5 に示したように、通信ノード情報 111A およびリンク情報 111B から構成されている。

## 【0062】

通信ノード情報111Aは、光通信ネットワークNWを構成する各通信ノードに関する情報であって、通信ノード（N1～Nx）、各通信ノードの緯度および該通信ノードの経度の情報である。リンク情報111Bは、光通信ネットワークNWを構成する通信ノード間を結ぶリンクに関する情報であって、リンク、該リンクの一方の通信ノード、該リンクの他方の通信ノードおよびリンクの長さの情報である。

## 【0063】

現用通信経路情報112は、図6に示したように、光通信ネットワークNW上に設定される現用通信経路に関する情報であって、現用通信経路（WP1～WPx）、該現用通信経路の始点通信ノード、該現用通信経路の終点通信ノード、始点通信ノードと終点通信ノードとの間に存在する経由通信ノード系列およびチャネル数の情報である。

## 【0064】

図4に戻り、迂回通信経路情報113は、前述したように、迂回通信経路テーブルTB（図3参照）に格納される情報であって、障害箇所、障害現用通信経路、迂回通信経路および障害検知通信ノードの情報である。

## 【0065】

構成管理部120は、光通信ネットワークNWの構成（現用通信経路、迂回通信経路）を管理する。構成管理部120において、ユーザ要求受付部121は、現用通信経路や迂回通信経路等に関して、ユーザからの設定要求を受け付ける。

## 【0066】

通信経路切替え情報受信部122は、障害発生時に通信経路が現用通信経路から迂回通信経路へ切り替えられた場合に、専用ネットワーク200を介して、通信ノードN1～Nxから通信切り替え情報を受信する。

## 【0067】

現用通信経路設定部123は、ユーザ要求受付部121からの設定要求に基づいて、トポロジ情報111、通信経路切り替え情報に基づいて、現用通信経路を設定し、現用通信経路情報112を管理情報データベースDBに格納する。



## 【0068】

迂回通信経路設計部 130 は、迂回通信経路を設定する。この迂回通信経路設計部 130 において、設計要求受付部 131 は、ユーザ要求受付部 121 から迂回通信経路に関する設定要求を受け付ける。設計部 132 は、障害通知時間の短縮化や、総予備通信容量（資源）の最小化が図られるように、後述するロジックに基づいて、迂回通信経路を設計し、迂回通信経路情報を管理情報データベース DB に格納するとともに、後述する迂回通信経路情報配信部 141 へ渡す。

## 【0069】

障害管理部 140 は、障害発生時に管理情報を管理する。この障害管理部 140 において、迂回通信経路情報配信部 141 は、設計部 132 からの迂回通信経路情報 112 を専用ネットワーク 200 を介して、通信ノード N1 ～ Nx へ配信する。

## 【0070】

障害情報受信部 142 は、通信ノード N1 ～ Nx から障害情報を受信する。管理情報書き換え部 143 は、障害情報受信部 142 で受信された障害情報に基づいて、管理情報データベース DB の管理情報を書き換える。

## 【0071】

つぎに、一実施の形態の動作について説明する。

## 【0072】

（第 1 の迂回通信経路設計処理）

はじめに、図 7 に示したフローチャート、図 8 および図 9 を参照して、第 1 の迂回通信経路設計処理について説明する。ここで、図 8 は、第 1 の迂回通信経路設計処理を説明する図であり、設計対象の光通信ネットワーク NW のトポロジ TP を表している。なお、同図に示したトポロジ TP は、図 1 に示した光通信ネットワーク NW に対応していると仮定する。

## 【0073】

図 4 に示したユーザ要求受付部 121 が迂回通信経路の設定要求を受け付けると、迂回通信経路設計部 130 の設計要求受付部 131 は、上記設定要求を受け付ける。

## 【0074】

これにより、設計部132は、図7に示したフローチャートに従って、第1の迂回通信経路設計処理を実行する。具体的には、図7に示したステップSA1では、設計部132は、管理情報データベースDBから設計に必要な管理情報（図5に示したトポロジ情報111、図6に示した現用通信経路情報112）を取得する。上記トポロジ情報111は、図8に示したトポロジTPに対応している。

## 【0075】

ステップSA2では、設計部132は、図8に示したトポロジTPにおいて任意のリンクに障害Fを決める。つぎに、設計部132は、図6に示した現用通信経路情報112を参照して、障害Fによって影響がある、すなわち、障害Fの発生箇所を含む現用通信経路に関する現用通信経路リストWListを作成する。

## 【0076】

この現用通信経路リストWListは、図3に示したWP1（N1、N2）、WP2（N1、N2、N3、N6）、WP3（N1、N2、N5、N8）、WP4（N9、N6、N3、N2、N1）およびWP5（N2、N1、N4）で構成される。

## 【0077】

ステップSA3では、設計部132は、上記現用通信経路リストWListから一つ（この場合、先頭）にある現用通信経路WP1（N1、N2）を取り出した後、障害検知通信ノードDを決定する。

## 【0078】

この障害検知通信ノードDは、現用通信経路WP1（N1、N2）上の通信ノードであって、障害Fの位置の下流直後の通信ノードである。また、設計部132は、現用通信経路WP1において、始点通信ノードをS、終点通信ノードをTとする。

## 【0079】

ステップSA4では、設計部132は、障害検知時に障害検知通信ノードDから各通信ノードへ転送される障害通知メッセージの転送時間（以下、障害通知時間という）を指標として、例えば、周知のDijkstra法等に代表される最

短通信経路探索を実行する。

#### 【0080】

ここで、障害通知時間を算出するために、リンクおよび通信ノードにおける障害通知メッセージの通過時間をモデル化する。

#### 【0081】

図9は、上記モデル化の一例である。障害通知メッセージが転送される際には、リンクにおける障害通知メッセージの伝搬に要する伝搬時間と、通信ノードにおける1メッセージ当たりの障害通知メッセージの処理時間を考慮する。

#### 【0082】

ここで、リンクにおける伝搬遅延は、リンク長に比例する。この伝搬遅延の比例定数は光通信の物理的な伝送遅延時間 ( $4.833\text{e-}6 \text{ sec/km}$ ) となる。

#### 【0083】

一方、通信ノードにおける処理時間は、接続リンク数に比例する。この処理時間については、障害通知メッセージを入出力する時間を考慮するが、障害時にフラグディングされる障害通知メッセージの順序が予測できないため、最悪の場合を想定した時間で取り扱う。

#### 【0084】

つまり、障害通知メッセージが通信ノードを通過する際の時間は、どのような場合でも最後に処理されると仮定する。そして、メッセージ受信リンクと送信リンクの総数は通信ノードに接続するリンク数となるため、障害通知メッセージ処理時間はリンク数に比例する値とする。このときの比例定数は、例えば、 $0.5\text{msec}$ など、メッセージ処理部の計算機の処理能力に応じて設定することができる。

#### 【0085】

このように、ネットワーク管理システム100において、障害通知時間は、障害検知通信ノードDから各通信ノードまでの間における伝搬遅延時間と処理時間との和として求められる。最短通信経路探索では、障害検知通信ノードDから各通信ノードまでの障害通知時間が求められる。

#### 【0086】

ステップSA5では、設計部132は、最短通信経路探索の結果に基づいて、

ステップS A 3で取り出した現用通信経路WP（この場合、WP 1）上であって、障害Fの箇所よりも上流にある通信ノードのうち、最も障害通知時間が短い通信ノードを選択し、これを上流側切り替え通信ノードAとする。

【0087】

ステップS A 6では、設計部132は、障害通知時間が上流側切り替え通信ノードAよりも長くなる通信ノードをトポロジTPから削除し、そのトポロジTP上で上流側切り替え通信ノードAから終点通信ノードTへの最短通信経路を探索する。ここで、得られた最短通信経路をSP 1とする。

【0088】

ステップS A 7では、設計部132は、現用通信経路WPの障害Fの発生箇所よりも下流にあり、最短通信経路SP 1上に存在する通信ノードを下流側切り替え通信ノードBとする。

【0089】

つぎに、設計部132は、障害Fに対応する障害箇所、障害現用通信経路（現用通信経路WP）、上流側切り替え通信ノードAから下流側切り替え通信ノードBまでの迂回通信経路SP 2、障害検知通信ノードDを迂回通信経路情報（図3参照）として、管理情報データベースDBに格納する。

【0090】

ステップS A 8では、設計部132は、トポロジを初期化し、ステップS A 6で削除された通信ノードを元に戻す。ステップS A 9では、設計部132は、現用通信経路リストWListが空であるか否かを判断し、この場合、判断結果を「No」とする。以後、ステップS A 3～ステップS A 9が繰り返され、現用通信経路WPについての処理が順次実行される。

【0091】

そして、ステップS A 9の判断結果が「Yes」になると、ステップS A 10では、設計部132は、全ての障害パターンの処理が終了したか否かを判断し、この場合、判断結果を「No」とする。

【0092】

以後、ステップS A 2～ステップS A 10では、トポロジTP上で障害の発生

箇所を移動させ、上述した処理が実行される。そして、ステップ S A 1 0 の判断結果が「Y e s」になると、第 1 の迂回通信経路設計処理が終了する。

#### 【 0 0 9 3 】

つぎに、迂回通信経路情報配信部 1 4 1 は、専用ネットワーク 2 0 0 を介して、迂回通信経路情報 1 1 3 を通信ノード N 1 ～ N x へ配信する。これにより、通信ノード N 1 ～ N x のそれぞれでは、図 3 に示したように、迂回通信経路テーブル T B に迂回通信経路情報 1 1 3 が格納される。

#### 【 0 0 9 4 】

つぎに、上述したように、迂回通信経路テーブル T B （図 3 参照）に迂回通信経路情報が格納された後に、障害が発生した場合の切り替え動作について、図 8、図 1 0 および図 1 1 を参照しつつ説明する。図 1 0 および図 1 1 は、図 1 および図 2 に示した通信ノード N 1 ～ N x の動作を説明するシーケンス図である。

#### 【 0 0 9 5 】

この場合、図 8 に示した現用通信経路 W P （始点通信ノード s ～終点通信ノード T）で通信が行われているものとする。そして、障害 F が発生すると、障害検知通信ノード D により障害が検知される。これにより、障害検知通信ノード D は、障害通知メッセージを作成した後、他の通信ノードへ送信する。以後、障害通知メッセージは、他の通信ノードにフラッディングにより通知される。

#### 【 0 0 9 6 】

そして、図 1 0 に示したステップ S B 1 では、他の通信ノードのメッセージ受信部 5 5 は、隣接する通信ノードからの障害通知メッセージを受信する。ステップ S B 2 では、メッセージ処理部 5 6 は、メッセージ受信部 5 5 に受信された障害通知メッセージが新規である場合、これを保持した後、メッセージを隣接する他の通信ノードへ送信する判断を行う。

#### 【 0 0 9 7 】

ステップ S B 3 では、メッセージ送信部 5 7 は、メッセージ処理部 5 6 からの送信指示に基づいて、当該障害通知メッセージを隣接通信ノードへ送信する。

#### 【 0 0 9 8 】

ステップ S B 4 では、メッセージ処理部 5 6 は、迂回通信経路テーブル T B （

図3参照)を参照する。ステップSB5では、メッセージ処理部56は、主制御部58に対して、通信経路を切り替える指示を出す。

#### 【0099】

ステップSB6では、主制御部58は、メッセージ処理部56からの切り替え指示に基づいて、スイッチ制御部59に対して、MEMS角度の初期設定を指示する。ステップSB7では、スイッチ制御部59は、光スイッチ部51のミラーを上記MEMS角度に初期設定する。ステップSB8(図11参照)では、主制御部58は、出力側信号監視部54からの信号品質の通知を待つ。

#### 【0100】

そして、上流側からの光信号が当該通信ノードに到達すると、光信号は、光信号入力部50、光スイッチ部51および光信号出力部52を通過する。すなわち、図11に示したステップSB9では、入力側信号監視部53は、光信号入力部50に光信号が入力したことを確認する。ステップSB10では、入力側信号監視部53は、入力側信号品質を主制御部58へ通知する。

#### 【0101】

ステップSB11では、出力側信号監視部54は、光信号出力部52から光信号が出力されたことを確認する。ステップSB12では、出力側信号監視部54は、出力側信号品質を主制御部58へ通知する。

#### 【0102】

これにより、ステップSB13では、主制御部58は、入力側信号品質、出力側信号品質に基づいて、信号エラーを検証する。ステップSB14では、主制御部58は、信号エラーが検出されたか否かを判断する。この判断結果が「No」である場合、ステップSB13の処理が継続的に実行される。

#### 【0103】

ここで、入力側信号品質には異常が無く、出力側信号品質に異常が見られる場合、主制御部58は、光スイッチ部51におけるMEMS角度の調整不良と判断し、ステップSB14の判断結果を「Yes」とする。

#### 【0104】

ステップSB15では、主制御部58は、MEMS角度を微調整するようにス

スイッチ制御部 59 へ指示を出した後、ステップ SB13 の処理を実行する。ステップ SB16 では、スイッチ制御部 59 は、MEMS 角度を微調整する。

#### 【0105】

以後、主制御部 58 は、出力側信号監視部 54 からの出力側信号品質のフィードバックを受けながら、出力側信号品質にエラーが検知されなくなるまで、MEMS 角度の微調整を指示するというフィードバック制御を実行する。

#### 【0106】

このフィードバック制御による微調整は、図 8 に示した上流側の切替え通信ノード A から下流側の切替え通信ノード B までの各通信ノードで逐次実行される。そして、各通信ノードの全てにおいてフィードバック制御が完了すると、迂回通信経路 SP1 が開通する。

#### 【0107】

(第 2 の迂回通信経路設計処理)

つぎに、図 12 に示したフローチャートを参照して、第 2 の迂回通信経路設計処理について説明する。この図において、図 7 (第 1 の迂回通信経路設計処理) との差分は、ステップ SC2 で障害通知時間の上限 M を設定する点と、ステップ SC6 で上流側切り替え通信ノード A を選択する際に障害通知時間が上限 M 以下であるという条件を課す点とである。このように、上限 M という条件を課すことにより、柔軟な設計基準を適用することができる。

#### 【0108】

なお、図 12 に示したステップ SC1、ステップ SC3～SC5、ステップ SC7～SC11 は、図 7 に示したステップ SA1～ステップ SA10 に対応している。

#### 【0109】

ここで、図 13 を参照して、図 12 に示したステップ SC2 およびステップ SC6 で障害通知時間の上限 M を導入した理由について説明する。一般的に、予備率 (現用通信容量に対する予備通信容量の比率) は、障害端迂回よりもパス端迂回の時の方が低く設計できる。図 7 に示したステップ SA5 では障害通知時間が最小の上流側切替え通信ノード A を選択しているため、障害端迂回に近い迂回通

信経路が設計される。

#### 【0110】

これに対して、図12のSC2およびSC6のように、障害通知時間に上限Mを設け、この上限M以下の範囲内で上流側切替え通信ノードAを選択した場合には、迂回通信経路選択の自由度が増し、区間迂回のように障害通知時間と予備率のバランスが取れた迂回通信経路を設計できるからである。

#### 【0111】

##### (第3の迂回通信経路設計処理)

つぎに、図14に示したフローチャートを参照して、第3の迂回通信経路設計処理について説明する。この図において、図7（第1の迂回通信経路設計処理）との差分は、ステップSD6でトポロジを変形する際に、障害通知時間が上流側切り替え通信ノードAより長い通信ノードだけでなく、他の障害に対して予備通信容量（資源）を共有できないリンクも削除している点である。この場合には、復旧時間の短縮化と通信容量の効率的利用とを両立することができる。

#### 【0112】

なお、上述した点を踏まえ、図14に示したステップSD1～ステップSD10は、図7に示したステップSA1～ステップSA10に対応している。

#### 【0113】

ここで、図15を参照して、図14に示したステップSD6で他の障害に対して予備通信容量（資源）を共有できないリンクを削除する理由について説明する。まず、入力トポロジから、上流側切替え通信ノードAの障害通知時間を越える通信ノードを削除する。この後、予備通信容量（資源）が他の障害に対して共有できないリンクを削除したトポロジ上で最短通信経路探索を実行した場合には、計算実行時間を劇的に減少させることができるからである。

#### 【0114】

##### (第4の迂回通信経路設計処理)

つぎに、図16に示したフローチャートを参照して、第4の迂回通信経路設計処理について説明する。この第4の迂回通信経路設計処理は、前述した第2の迂回通信経路設計処理と第3の迂回通信経路設計処理との組み合わせである。



## 【0115】

この図において、図7（第1の迂回通信経路設計処理）との差分は、ステップSE2で障害通知時間の上限Mを設定する点と、ステップSE6で上流側切り替え通信ノードAを選択する際に障害通知時間が上限M以下であるという条件を課す点と、ステップSE7でトポロジを変形する際に、障害通知時間が上流側切り替え通信ノードAより長い通信ノードだけでなく、他の障害に対して予備通信容量（資源）を共有できないリンクも削除している点とである。この場合には、柔軟な設計基準を適用することができ、さらに復旧時間の短縮化と通信容量（資源）の効率的利用とを両立することができる。

## 【0116】

また、一実施の形態にかかるネットワーク管理システム100においては、図17に示したように、障害検知から障害復旧までに要する障害復旧時間が計算される。同図において、障害復旧時間 $T_r$ は、フラッディングによる障害通知時間 $T_p$ と、通信ノードの装置使用に依存する経路切替（スイッチング）時間 $T_s$ と、主信号（光信号）の伝搬遅延時間 $T_d$ との和から計算される。これにより、より正確な障害復旧時間 $T_r$ を知ることができる。障害通知時間 $T_p$ は、図9に示したリンクの伝搬遅延と通信ノードのメッセージ処理時間から計算され、主信号（光信号）の伝搬遅延時間 $T_d$ は、図9に示したリンクの伝搬遅延から計算される。

## 【0117】

以上説明したように、一実施の形態によれば、図8に示したように、現用通信経路WP上の障害Fの箇所より上流にある通信ノードの中で、障害検知通信ノードDから障害通知メッセージを転送する時間が最小の通信ノード（上流側切り替え通信ノードA）を選択し、この上流側切り替え通信ノードAへの障害通知時間を越えない通信ノードから構成される迂回通信経路SP2を探索することとしたので、上流側切り替え通信ノードAが迅速に切り替えられ、より現実的に、障害発生時に通信経路の復旧時間を短縮することができる。

## 【0118】

以上本発明にかかる一実施の形態について図面を参照して詳述してきたが、具

体的な構成例はこの一実施の形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等があっても本発明に含まれる。

#### 【0119】

例えば、前述した一実施の形態においては、ネットワーク管理システム 1 0 0 の機能を実現するためのプログラムを図 1 8 に示したコンピュータ読み取り可能な記録媒体 4 0 0 に記録して、この記録媒体 4 0 0 に記録されたプログラムを同図に示したコンピュータ 3 0 0 に読み込ませ、実行することにより各機能を実現してもよい。

#### 【0120】

同図に示したコンピュータ 3 0 0 は、上記プログラムを実行する C P U (Central Processing Unit) 3 1 0 と、キーボード、マウス等の入力装置 3 2 0 と、各種データを記憶する R O M (Read Only Memory) 3 3 0 と、演算パラメータ等を記憶する R A M (Random Access Memory) 3 4 0 と、記録媒体 4 0 0 からプログラムを読み取る読取装置 3 5 0 と、ディスプレイ、プリンタ等の出力装置 3 6 0 と、装置各部を接続するバス 3 7 0 とから構成されている。

#### 【0121】

C P U 3 1 0 は、読取装置 3 5 0 を経由して記録媒体 4 0 0 に記録されているプログラムを読み込んだ後、プログラムを実行することにより、前述した機能を実現する。なお、記録媒体 4 0 0 としては、光ディスク、フレキシブルディスク、ハードディスク等が挙げられる。

#### 【0122】

(付記 1) 複数の通信ノードを接続して構成される通信ネットワークの各通信ノードに迂回通信経路情報を予め設定しておき、リンク障害または通信ノード障害が発生した場合、障害検知通信ノードが障害箇所情報を含む障害通知メッセージを各通信ノードに転送し、障害通知メッセージを受信した通信ノードが並列に通信経路を切替える通信ネットワークの迂回通信経路設計方法であって、

現用通信経路上の障害箇所より上流にある通信ノードの中で、障害検知通信ノードから前記障害通知メッセージを転送する時間が最小の通信ノード N を選択する通信ノード選択工程と、

前記通信ノードNへの障害通知時間を越えない通信ノードから構成される迂回通信経路を探索する探索工程と、

を含むことを特徴とする迂回通信経路設計方法。

【0123】

(付記2) 前記通信ノード選択工程では、前記現用通信経路上の障害箇所より上流にある通信ノードの中で、障害検知通信ノードから障害通知メッセージを転送する時間が、与えられた上限以内の前記通信ノードNを選択することを特徴とする付記1に記載の迂回通信経路設計方法。

【0124】

(付記3) 前記通信ノード選択工程では、前記現用通信経路上の障害箇所より上流にある通信ノードの中で、障害検知通信ノードから障害通知メッセージを転送する時間が最小の通信ノードNを選択し、前記探索工程では、前記通信ノードNへの障害通知時間を越えない前記通信ノードから構成され、かつ異なる障害に対して予備通信容量の共有が可能な迂回通信経路を探索することを特徴とする付記2に記載の迂回通信経路設計方法。

【0125】

(付記4) 前記通信ノード選択工程では、現用通信経路上の障害箇所より上流にある通信ノードの中で、障害検知通信ノードから障害通知メッセージを転送する時間が、与えられた上限以内の通信ノードNを選択し、前記探索工程では、前記通信ノードNへの障害通知時間を越えない通信ノードから構成され、かつ異なる障害に対して予備通信容量の共有が可能な迂回通信経路を探索することを特徴とする付記2に記載の迂回通信経路設計方法。

【0126】

(付記5) 前記障害検知通信ノードから障害通知メッセージを転送する転送時間を、転送される障害通知メッセージが通信リンクを通過する際の伝搬遅延時間と、転送される障害通知メッセージが各通信ノードにおいて入出力処理される時間との和から計算する転送時間計算工程を含むことを特徴とする付記1～4のいずれか一つに記載の迂回通信経路設計方法。

【0127】

(付記 6) 前記通信ノード N への障害通知時間と通信ノードのスイッチング時間と信号の伝搬遅延との和から、通信経路の復旧時間を計算する復旧時間計算工程を含むことを特徴とする付記 1 ～ 5 のいずれか一つに記載の迂回通信経路設計方法。

#### 【 0 1 2 8 】

(付記 7) 複数の通信ノードを接続して構成される通信ネットワークの各通信ノードに迂回通信経路情報を予め設定しておき、リンク障害または通信ノード障害が発生した場合、障害検知通信ノードが障害箇所情報を含む障害通知メッセージを各通信ノードに転送し、障害通知メッセージを受信した通信ノードが並列に通信経路を切替える通信ネットワークの迂回通信経路設計装置であって、

現用通信経路上の障害箇所より上流にある通信ノードの中で、障害検知通信ノードから前記障害通知メッセージを転送する時間が最小の通信ノード N を選択する通信ノード選択手段と、

前記通信ノード N への障害通知時間を越えない通信ノードから構成される迂回通信経路を探索する探索手段と、

を備えたことを特徴とする迂回通信経路設計装置。

#### 【 0 1 2 9 】

(付記 8) 前記通信ノード選択手段は、前記現用通信経路上の障害箇所より上流にある通信ノードの中で、障害検知通信ノードから障害通知メッセージを転送する時間が、与えられた上限以内の前記通信ノード N を選択することを特徴とする付記 7 に記載の迂回通信経路設計装置。

#### 【 0 1 3 0 】

(付記 9) 前記通信ノード選択手段は、前記現用通信経路上の障害箇所より上流にある通信ノードの中で、障害検知通信ノードから障害通知メッセージを転送する時間が最小の通信ノード N を選択し、前記探索手段は、前記通信ノード N への障害通知時間を越えない前記通信ノードから構成され、かつ異なる障害に対して予備通信容量の共有が可能な迂回通信経路を探索することを特徴とする付記 8 に記載の迂回通信経路設計装置。

#### 【 0 1 3 1 】

(付記 1 0) 前記通信ノード選択手段は、現用通信経路上の障害箇所より上流にある通信ノードの中で、障害検知通信ノードから障害通知メッセージを転送する時間が、与えられた上限以内の通信ノード N を選択し、前記探索手段は、前記通信ノード N への障害通知時間を越えない通信ノードから構成され、かつ異なる障害に対して予備通信容量の共有が可能な迂回通信経路を探索することを特徴とする付記 8 に記載の迂回通信経路設計装置。

#### 【 0 1 3 2 】

(付記 1 1) 前記障害検知通信ノードから障害通知メッセージを転送する転送時間を、転送される障害通知メッセージが通信リンクを通過する際の伝搬遅延時間と、転送される障害通知メッセージが各通信ノードにおいて入出力処理される時間との和から計算する転送時間計算手段を備えたことを特徴とする付記 7 ～ 1 0 のいずれか一つに記載の迂回通信経路設計装置。

#### 【 0 1 3 3 】

(付記 1 2) 前記通信ノード N への障害通知時間と通信ノードのスイッチング時間と信号の伝搬遅延との和から、通信経路の復旧時間を計算する復旧時間計算手段を備えたことを特徴とする付記 7 ～ 1 1 のいずれか一つに記載の迂回通信経路設計装置。

#### 【 0 1 3 4 】

(付記 1 3) 複数の通信ノードを接続して構成される通信ネットワークの各通信ノードに迂回通信経路情報を予め設定しておき、リンク障害または通信ノード障害が発生した場合、障害検知通信ノードが障害箇所情報を含む障害通知メッセージを各通信ノードに転送し、障害通知メッセージを受信した通信ノードが並列に通信経路を切替える通信ネットワークの迂回通信経路設計装置に適用される迂回通信経路設計プログラムであって、

コンピュータを、

現用通信経路上の障害箇所より上流にある通信ノードの中で、障害検知通信ノードから前記障害通知メッセージを転送する時間が最小の通信ノード N を選択する通信ノード選択手段、

前記通信ノード N への障害通知時間を越えない通信ノードから構成される迂回

通信経路を探索する探索手段、

として機能させるための迂回通信経路設計プログラム。

【0135】

(付記14) 前記通信ノード選択手段は、前記現用通信経路上の障害箇所より上流にある通信ノードの中で、障害検知通信ノードから障害通知メッセージを転送する時間が、与えられた上限以内の前記通信ノードNを選択することを特徴とする付記13に記載の迂回通信経路設計プログラム。

【0136】

(付記15) 前記通信ノード選択手段は、前記現用通信経路上の障害箇所より上流にある通信ノードの中で、障害検知通信ノードから障害通知メッセージを転送する時間が最小の通信ノードNを選択し、前記探索手段は、前記通信ノードNへの障害通知時間を越えない前記通信ノードから構成され、かつ異なる障害に対して予備通信容量の共有が可能な迂回通信経路を探索することを特徴とする付記14に記載の迂回通信経路設計プログラム。

【0137】

(付記16) 前記通信ノード選択手段は、現用通信経路上の障害箇所より上流にある通信ノードの中で、障害検知通信ノードから障害通知メッセージを転送する時間が、与えられた上限以内の通信ノードNを選択し、前記探索手段は、前記通信ノードNへの障害通知時間を越えない通信ノードから構成され、かつ異なる障害に対して予備通信容量の共有が可能な迂回通信経路を探索することを特徴とする付記14に記載の迂回通信経路設計プログラム。

【0138】

(付記17) 前記コンピュータを、前記障害検知通信ノードから障害通知メッセージを転送する転送時間を、転送される障害通知メッセージが通信リンクを通過する際の伝搬遅延時間と、転送される障害通知メッセージが各通信ノードにおいて入出力処理される時間との和から計算する転送時間計算手段として機能させることを特徴とする付記13～16のいずれか一つに記載の迂回通信経路設計プログラム。

【0139】

(付記 18) 前記コンピュータを、前記通信ノードNへの障害通知時間と通信ノードのスイッチング時間と信号の伝搬遅延との和から、通信経路の復旧時間を計算する復旧時間計算手段として機能させることを特徴とする付記 13～17のいずれか一つに記載の迂回通信経路設計プログラム。

#### 【0140】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、現用通信経路上の障害箇所より上流にある通信ノードの中で、障害検知通信ノードから障害通知メッセージを転送する時間が最小の通信ノードNを選択し、通信ノードNへの障害通知時間を越えない通信ノードから構成される迂回通信経路を探索することとしたので、上流側の通信ノードが迅速に切り替えられ、より現実的に、障害発生時に通信経路の復旧時間を短縮することができるという効果を奏する。

#### 【0141】

また、本発明によれば、現用通信経路上の障害箇所より上流にある通信ノードの中で、障害検知通信ノードから障害通知メッセージを転送する時間が、与えられた上限以内の通信ノードNを選択することとしたので、柔軟な設計基準を適用することができるという効果を奏する。

#### 【0142】

また、本発明によれば、現用通信経路上の障害箇所より上流にある通信ノードの中で、障害検知通信ノードから障害通知メッセージを転送する時間が最小の通信ノードNを選択し、通信ノードNへの障害通知時間を越えない通信ノードから構成され、かつ異なる障害に対して予備通信容量の共有が可能な迂回通信経路を探索することとしたので、復旧時間の短縮化と通信容量の効率的利用とを両立することができるという効果を奏する。

#### 【0143】

また、本発明によれば、現用通信経路上の障害箇所より上流にある通信ノードの中で、障害検知通信ノードから障害通知メッセージを転送する時間が、与えられた上限以内の通信ノードNを選択し、通信ノードNへの障害通知時間を越えない通信ノードから構成され、かつ異なる障害に対して予備通信容量の共有が可能

な迂回通信経路を探索することとしたので、柔軟な設計基準を適用することができ、さらに復旧時間の短縮化と通信容量の効率的利用とを両立することができるという効果を奏する。

【0 1 4 4】

また、本発明によれば、通信ノードNへの障害通知時間と通信ノードのスイッチング時間と信号の伝搬遅延との和から、通信経路の復旧時間を計算することとしたので、より正確な復旧時間を知ることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明にかかる一実施の形態の概略構成を示す図である。

【図 2】

図 1 に示した通信ノード N 1 ～ N x の構成を示すブロック図である。

【図 3】

図 2 に示した迂回通信経路テーブル T B の一例を示す図である。

【図 4】

図 1 に示したネットワーク管理システム 1 0 0 の構成を示すブロック図である。

【図 5】

図 4 に示したトポロジ情報 1 1 1 を示す図である。

【図 6】

図 4 に示した現用通信経路情報 1 1 2 を示す図である。

【図 7】

第 1 の迂回通信経路設計処理を説明するフローチャートである。

【図 8】

第 1 の迂回通信経路設計処理を説明する図である。

【図 9】

リンクおよびノードにおける障害通知メッセージの通過時間をモデル化した図である。

【図 1 0】



図 1 および図 2 に示した通信ノード N 1 ～ N x の動作を説明するシーケンス図である。

【図 1 1】

図 1 および図 2 に示した通信ノード N 1 ～ N x の動作を説明するシーケンス図である。

【図 1 2】

第 2 の迂回通信経路設計処理を説明するフローチャートである。

【図 1 3】

図 1 2 に示したステップ S C 2 およびステップ S C 6 で障害通知時間の上限 M を導入した理由を説明する図である。

【図 1 4】

第 3 の迂回通信経路設計処理を説明するフローチャートである。

【図 1 5】

図 1 4 に示したステップ S D 6 で、他の障害に対して予備通信容量を共有できないリンクをトポロジから削除する理由を説明する図である。

【図 1 6】

第 4 の迂回通信経路設計処理を説明するフローチャートである。

【図 1 7】

同一実施の形態における障害復旧時間の計算方法を説明する図である。

【図 1 8】

同一実施の形態の変形例の構成を示すブロック図である。

【図 1 9】

従来のプリプラン型障害復旧方式を説明する図である。

【符号の説明】

1 0 0 ネットワーク管理システム

1 1 0 記憶部

1 2 0 構成管理部

1 2 1 ユーザ要求受付部

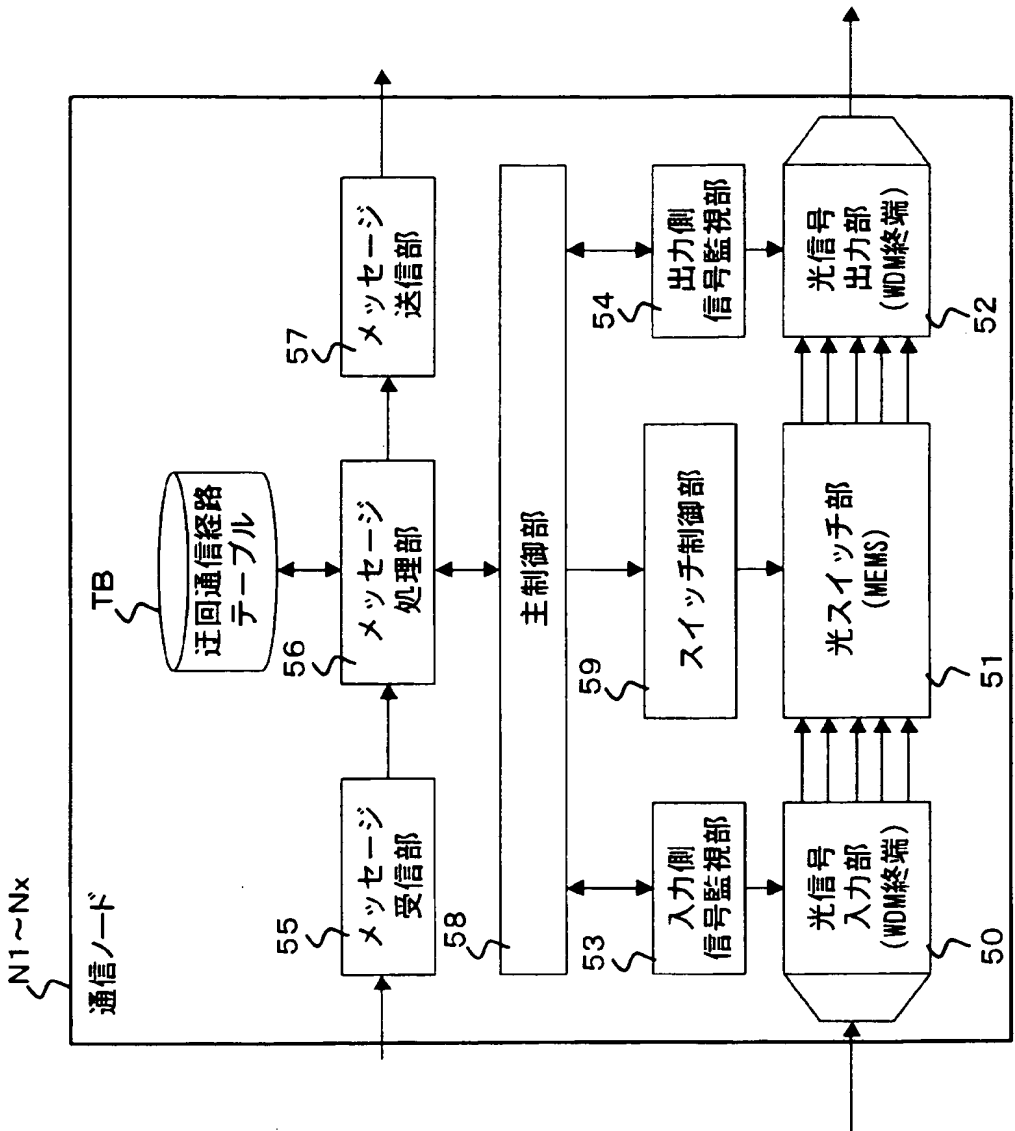
1 3 0 迂回通信経路設計部

- 1 3 1 設計要求受付部
- 1 3 2 設計部
- 1 4 0 障害管理部
- 1 4 1 迂回通信経路情報配信部
- DB 管理情報データベース



【図 2】

図 1 に示した通信ノード N1 ~ Nx の構成を示すブロック図



【図 3】

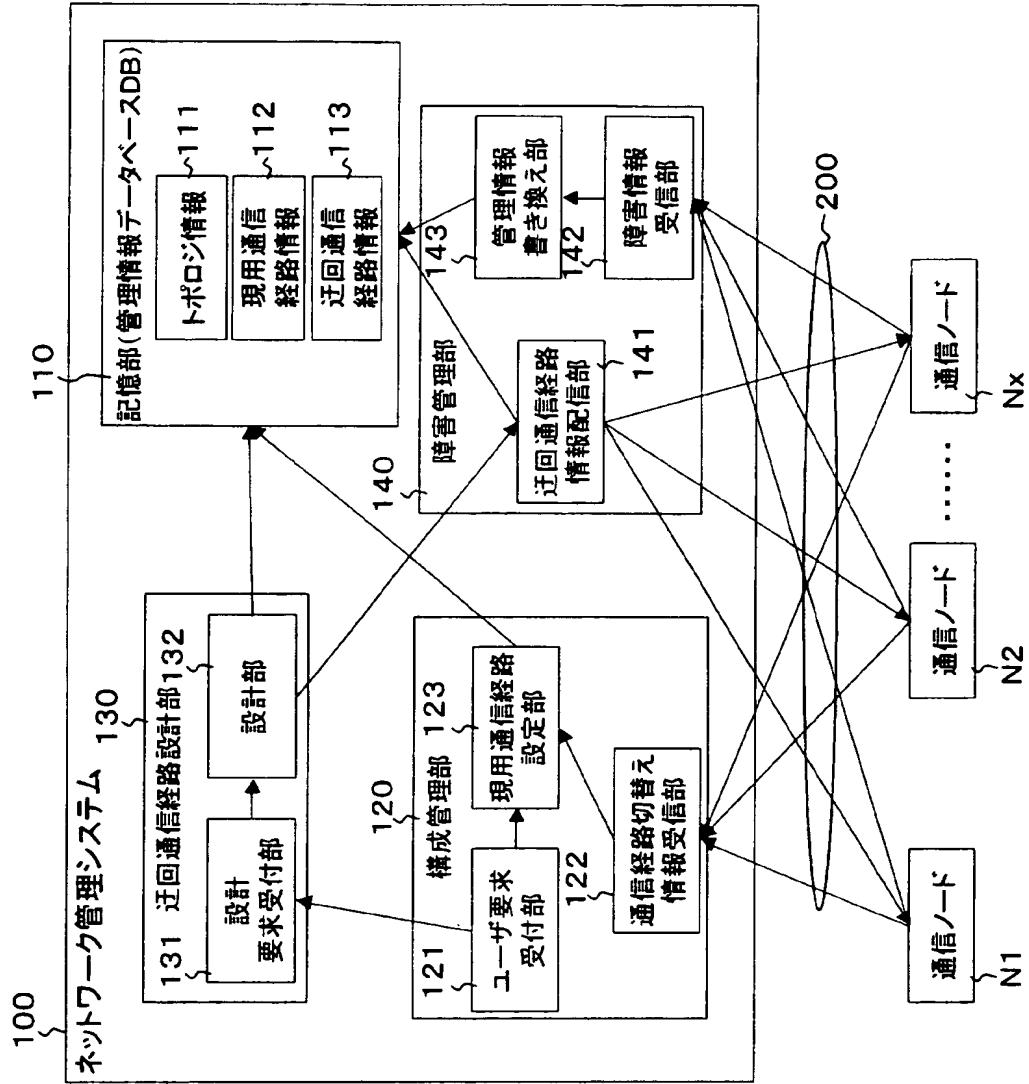
図 2 に示した迂回通信経路テーブル TB の一例を示す図

TB

障害箇所	障害現用通信経路 (ノード系列)	迂回通信経路 (ノード系列)	障害検知 通信ノード
リンク L1 (N1-N2間)	WP1 (N1、N2)	SP1 (N1、N4、N5、N2)	N2
	WP2 (N1、N2、N3、N6)	SP2 (N1、N4、N5、N6)	N2
	WP3 (N1、N2、N5、N8)	SP3 (N1、N4、N7、N8)	N2
	WP4 (N9、N6、N3、N2、 N1)	SP4 (N9、N8、N7、N4、 N1)	N1
	WP5 (N2、N1、N4)	SP5 (N2、N5、N4)	N1
リンク L2 (N2-N3間)	...	...	...

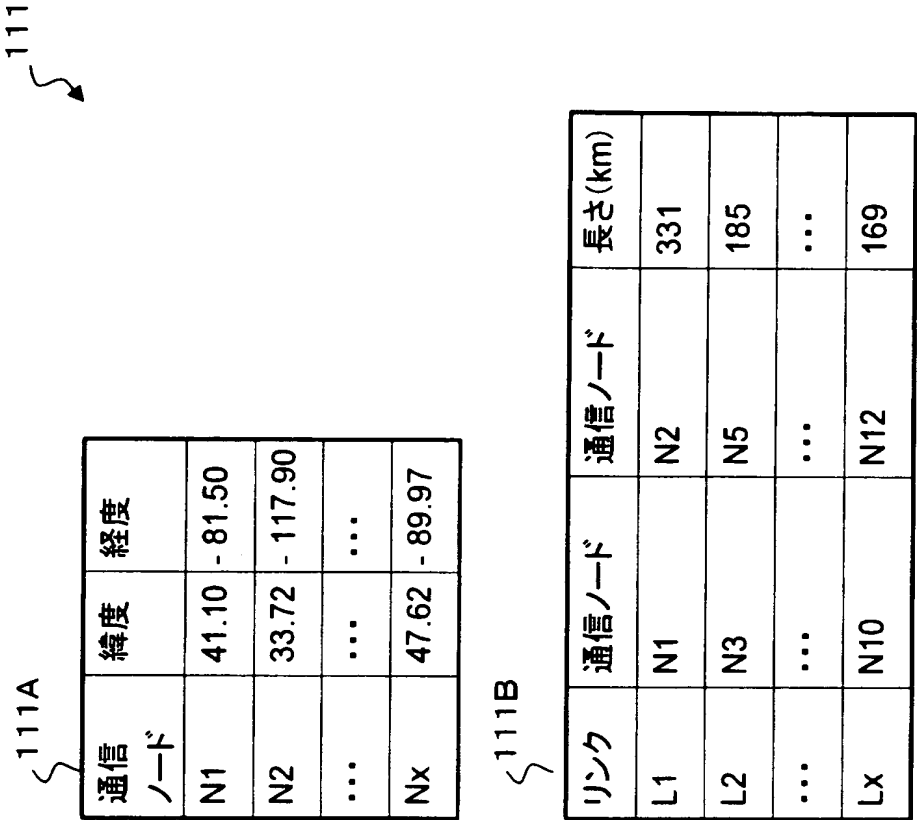
【図 4】

図1に示したネットワーク管理システム100の構成を示すブロック図



【図 5】

図 4 に示したトポロジ情報 111 を示す図



【図 6】

図 4 に示した現用通信経路 112 を示す図

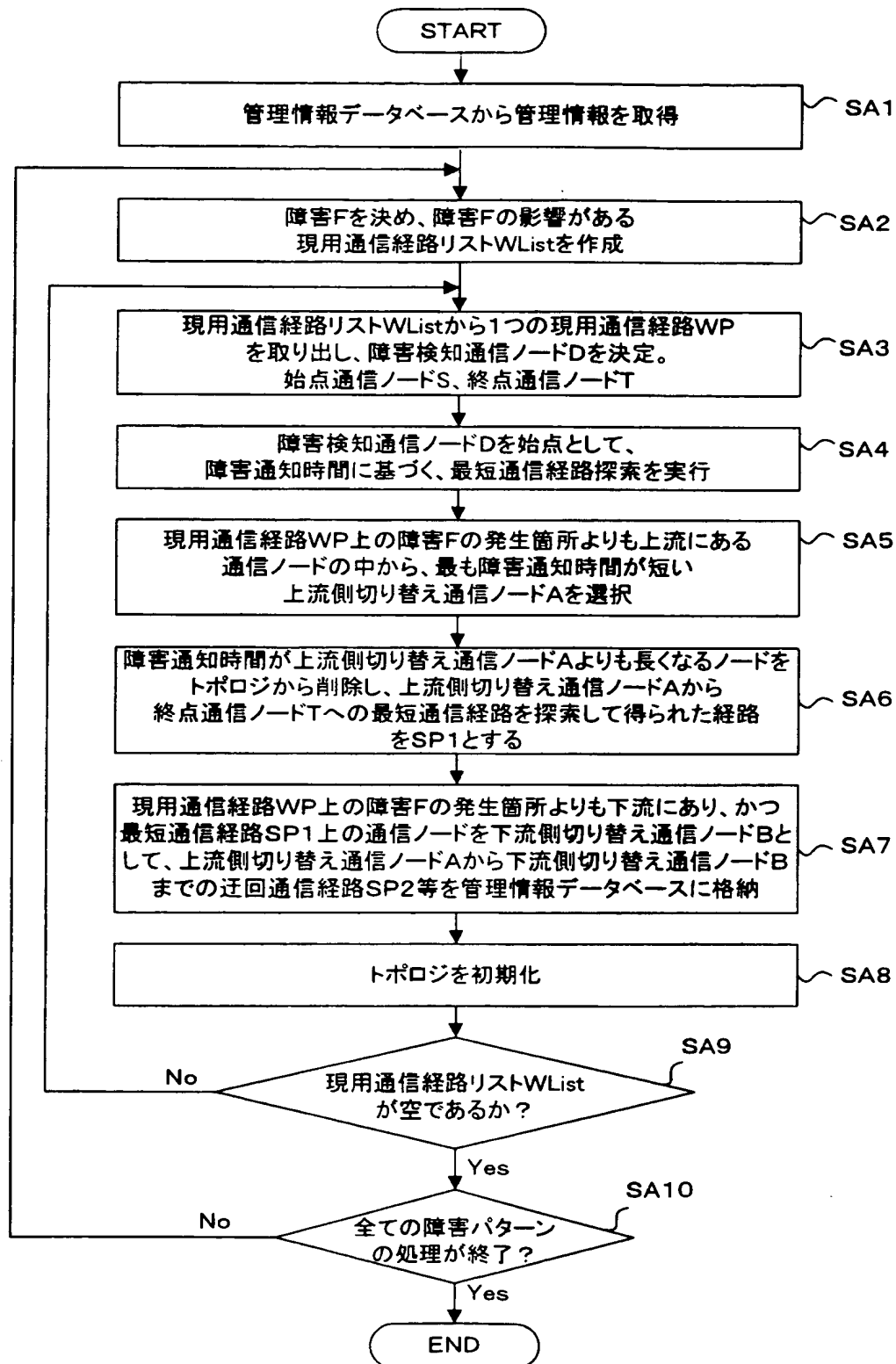
112  
└─┘

現用 通信 経路	始点 通信 ノード	終点 通信 ノード	経由通信ノード系列	チャネル数
WP1	N1	N3	N2	1
WP2	N2	N5	N1、N2、N3、N6	2
...	...	...	N1、N2、N5、N8	...
WPx	N10	N13	N9、N6、N3、N2、 N1	1



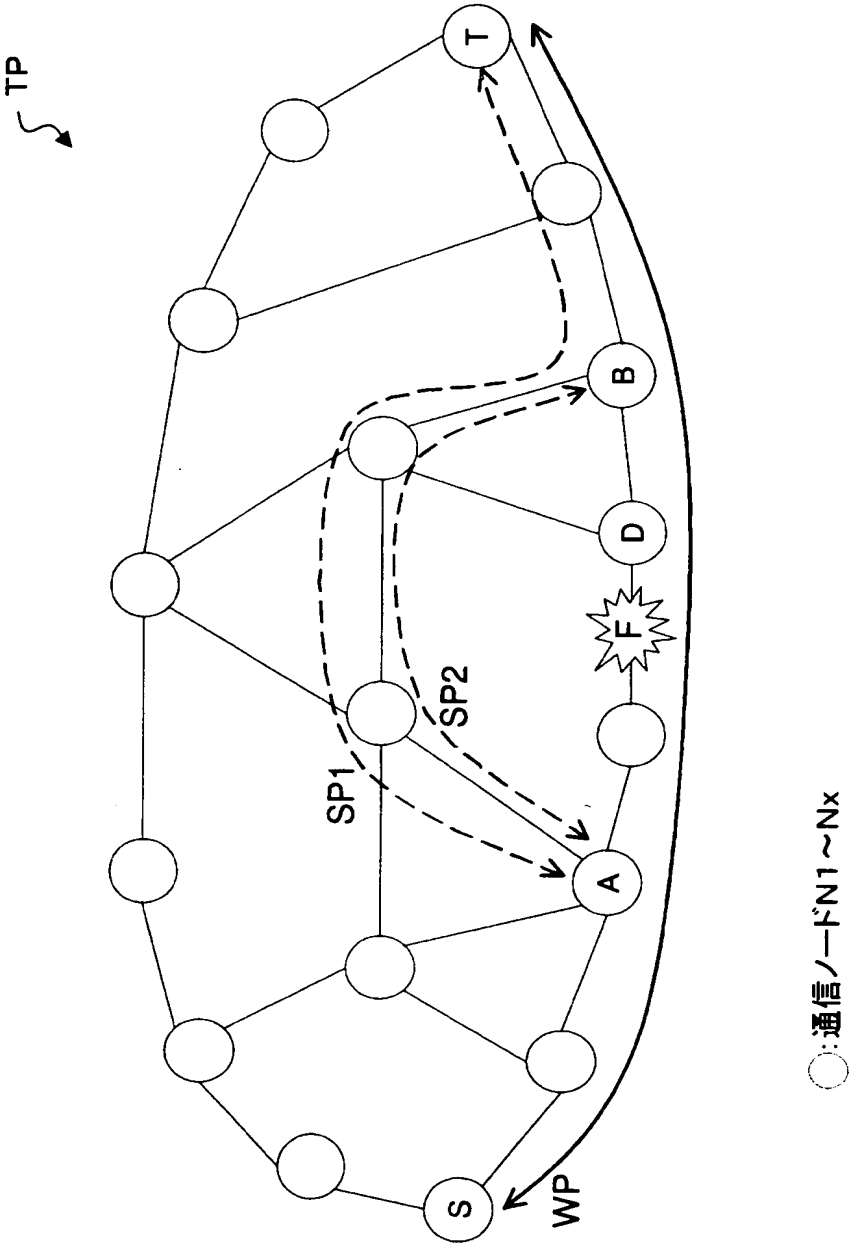
【図 7】

## 第1の迂回通信経路設計処理を説明するフローチャート



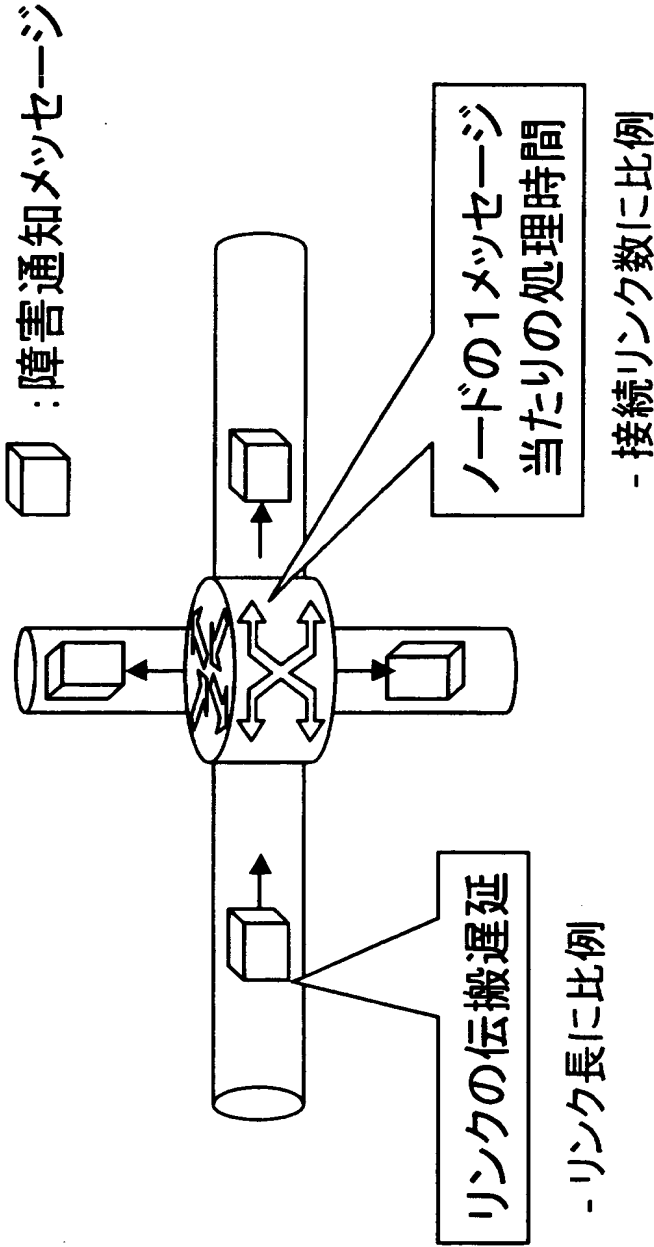
【図 8】

第1の迂回経路設計処理を説明する図



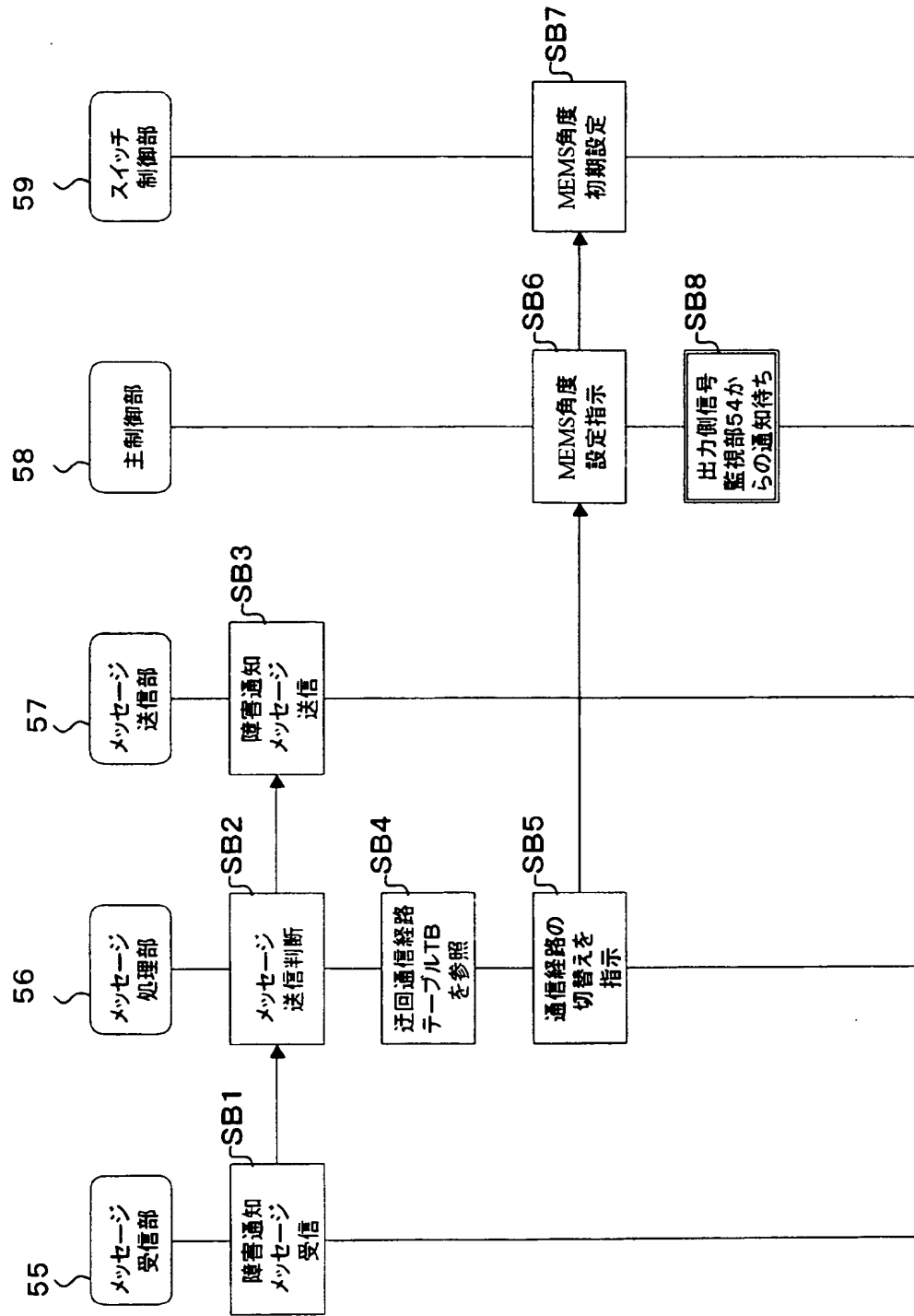
【図 9】

リンクおよびノードにおける障害通知メッセージの通過時間をモデル化した図



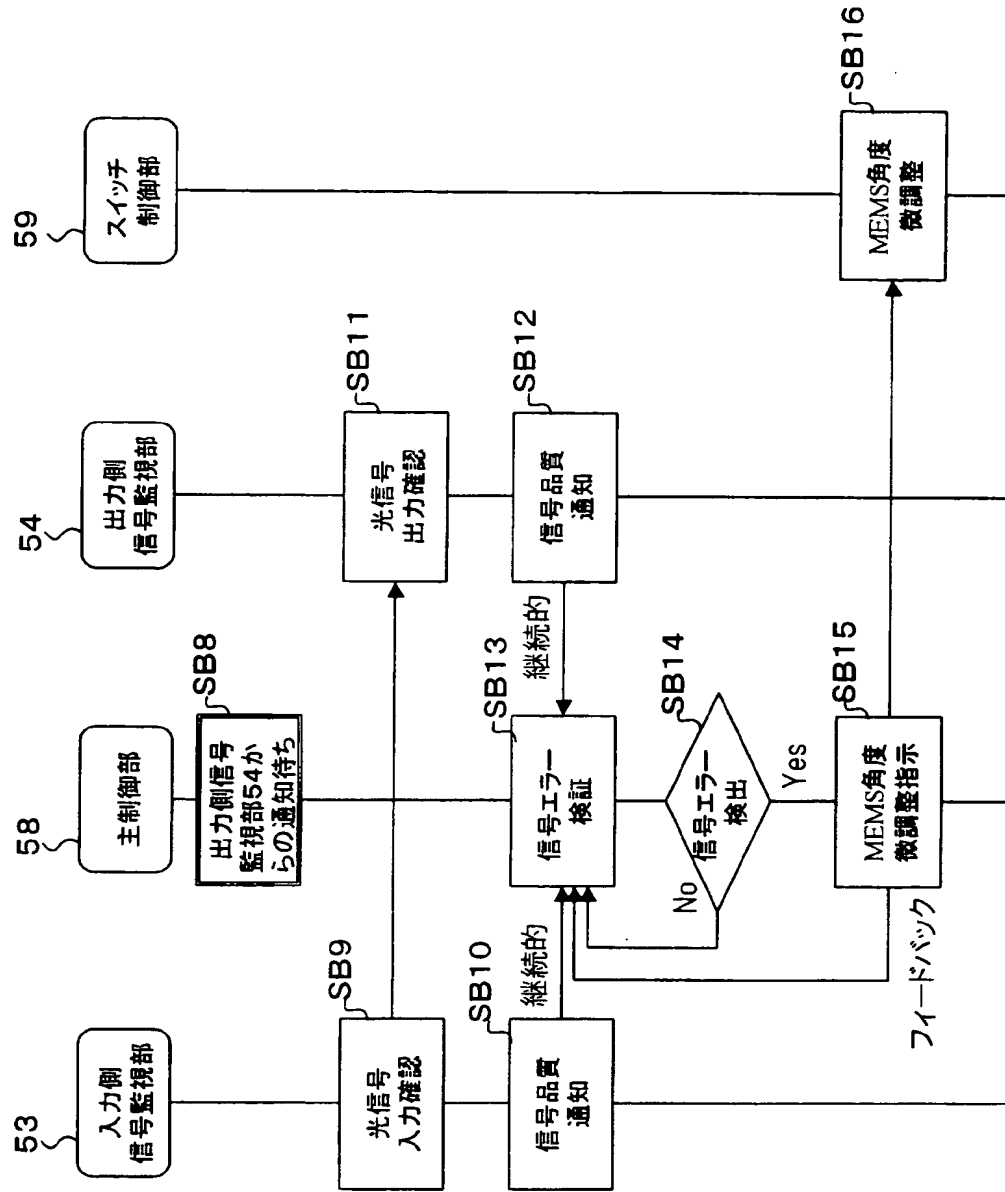
【図 10】

図1および図2に示した通信ノードN1～Nxの動作を説明するシーケンス図



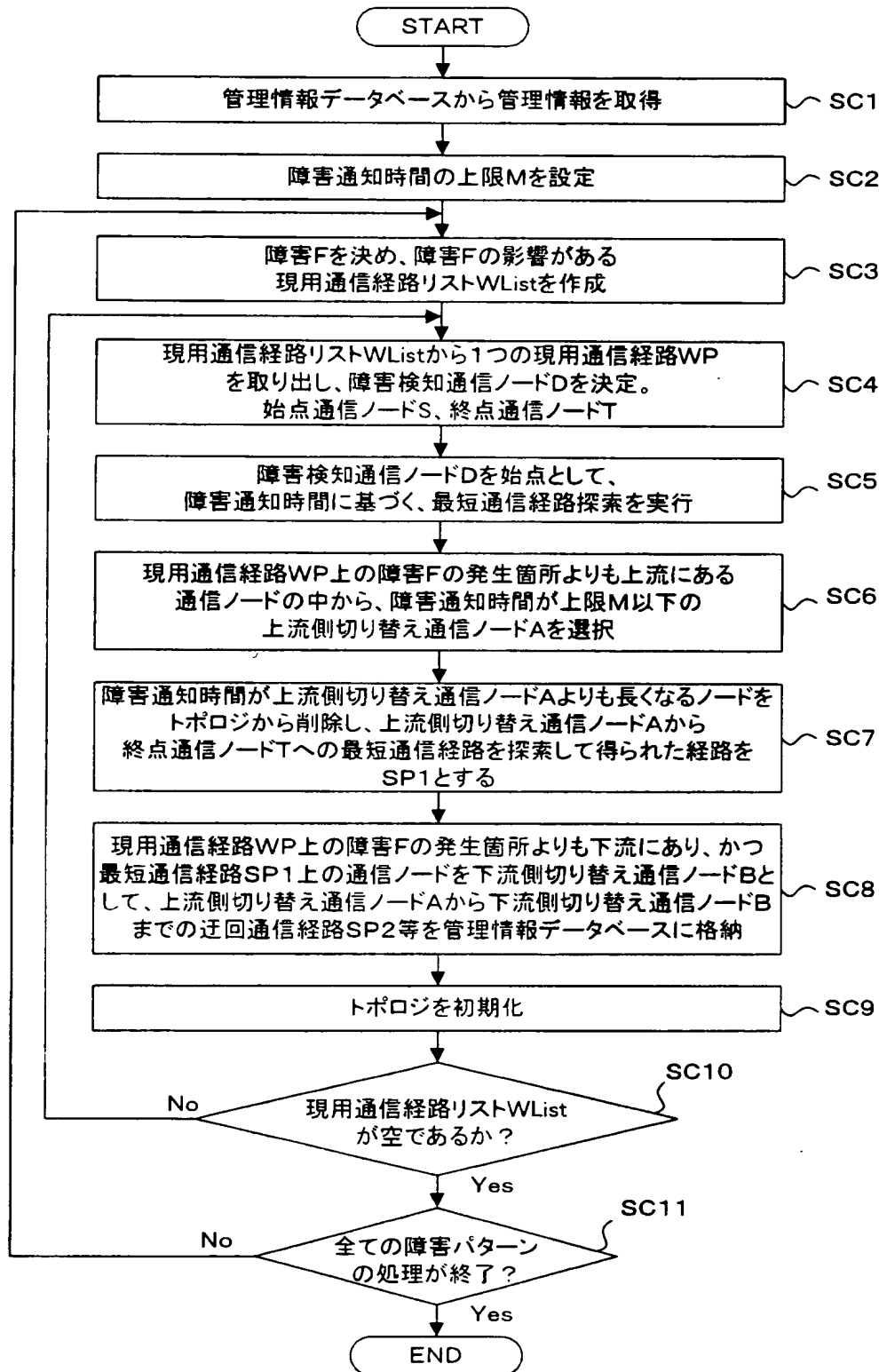
【図 11】

図1および図2に示した通信ノードN1～Nxの動作を説明するシーケンス図



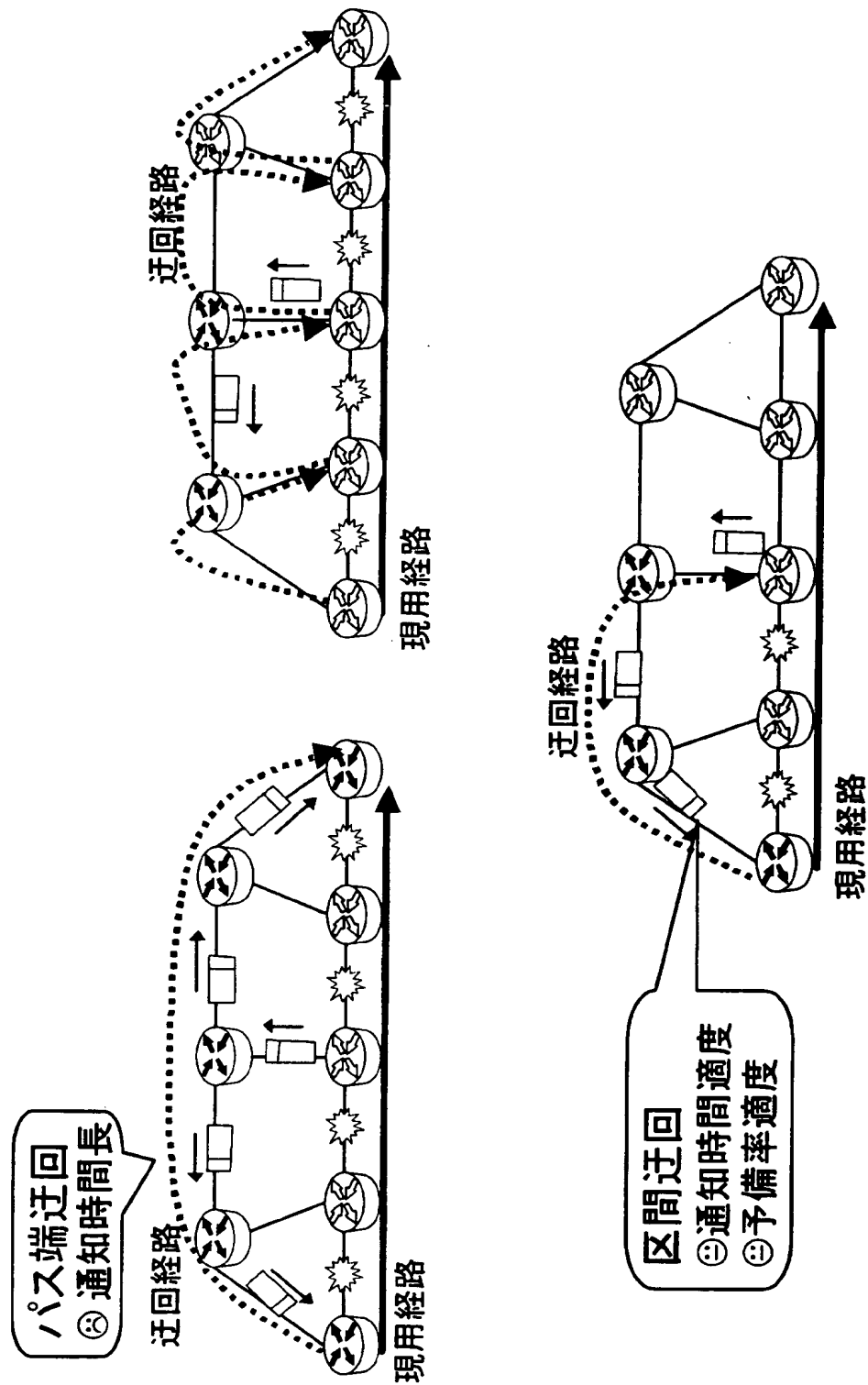
【図 12】

## 第2の迂回通信経路設計処理を説明するフローチャート



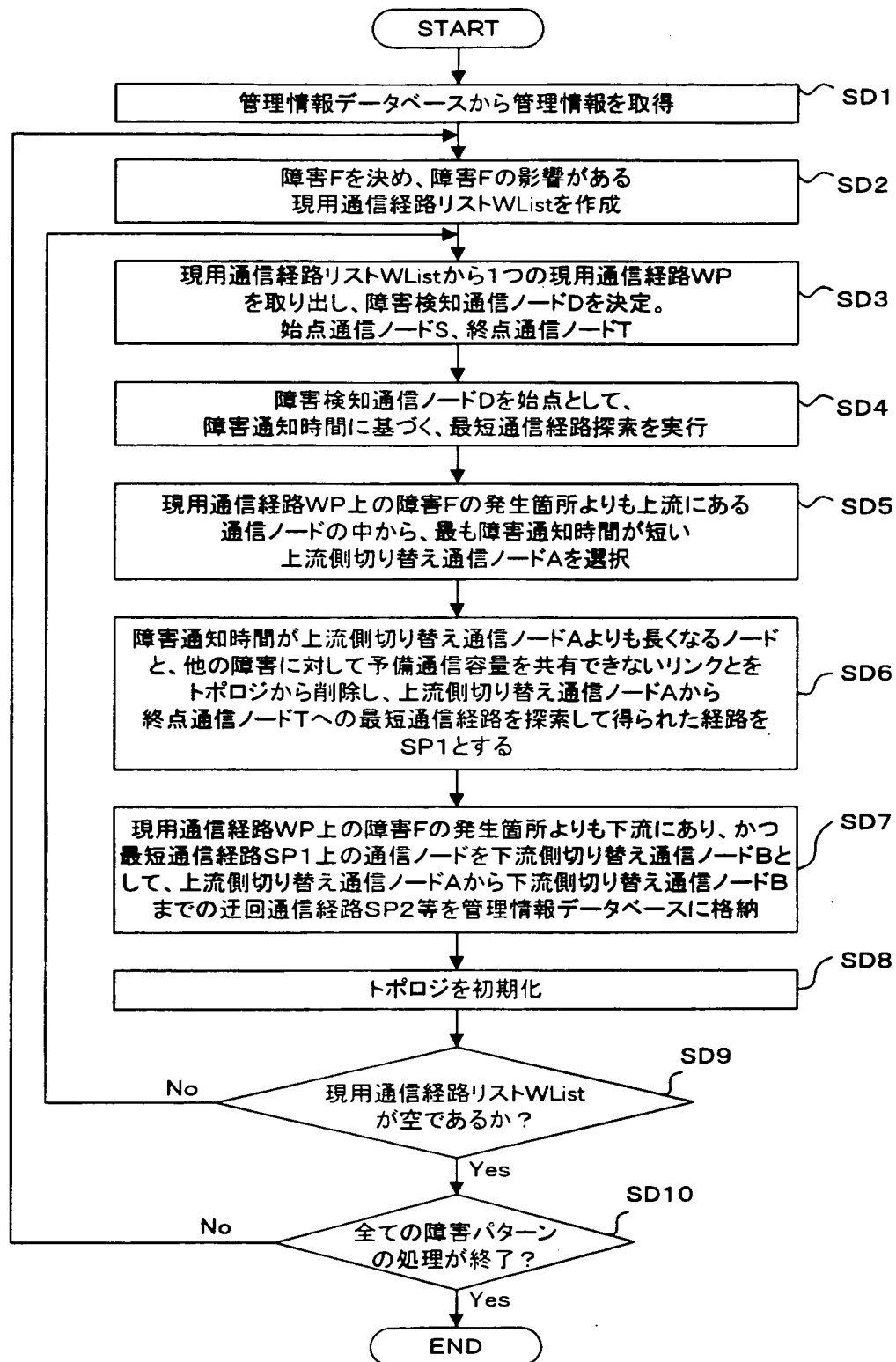
【図 13】

図12に示したステップSC2およびステップSC6で障害通知時間の上限Mを導入した理由を説明する図



【図 14】

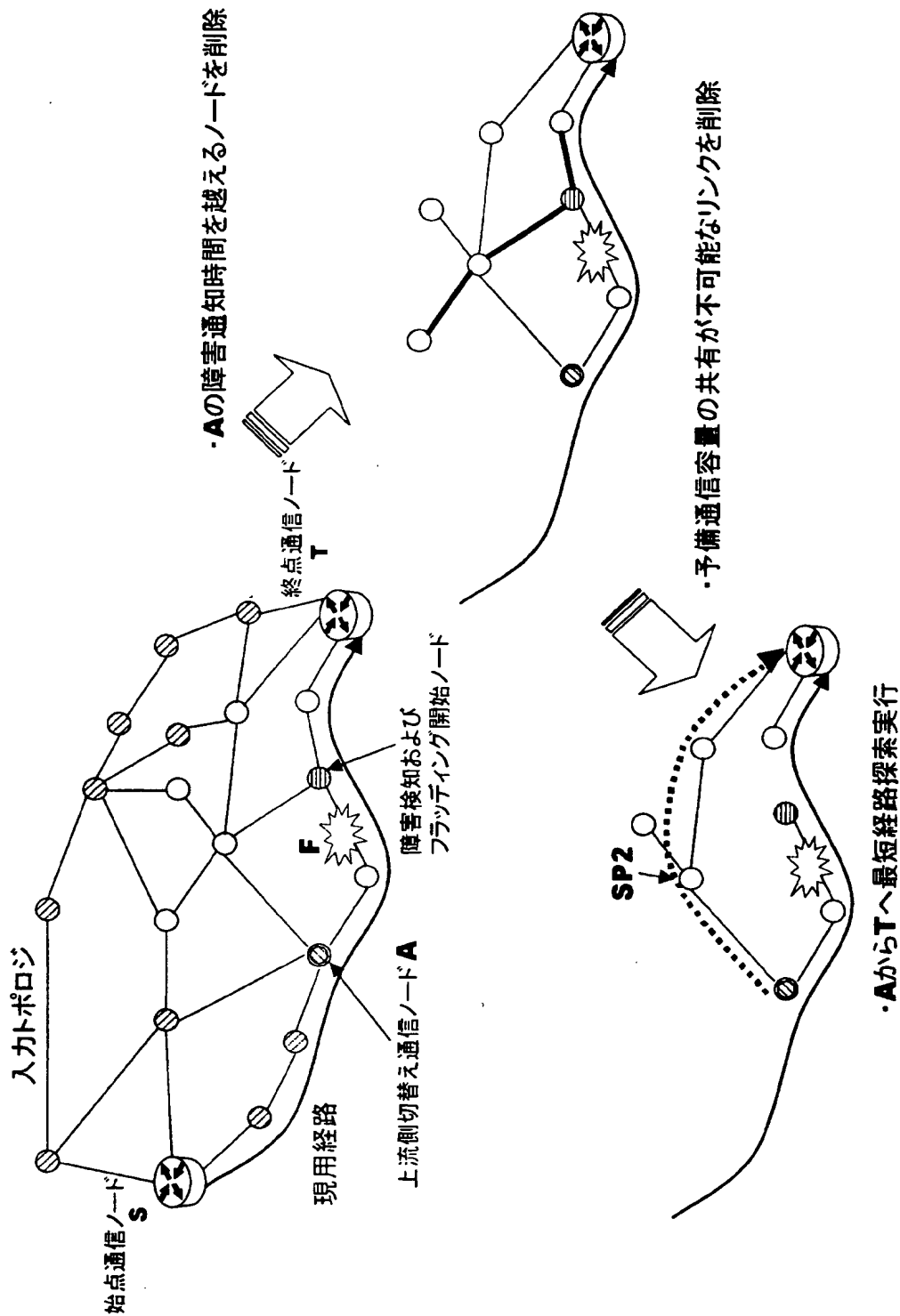
## 第3の迂回通信経路設計処理を説明するフローチャート





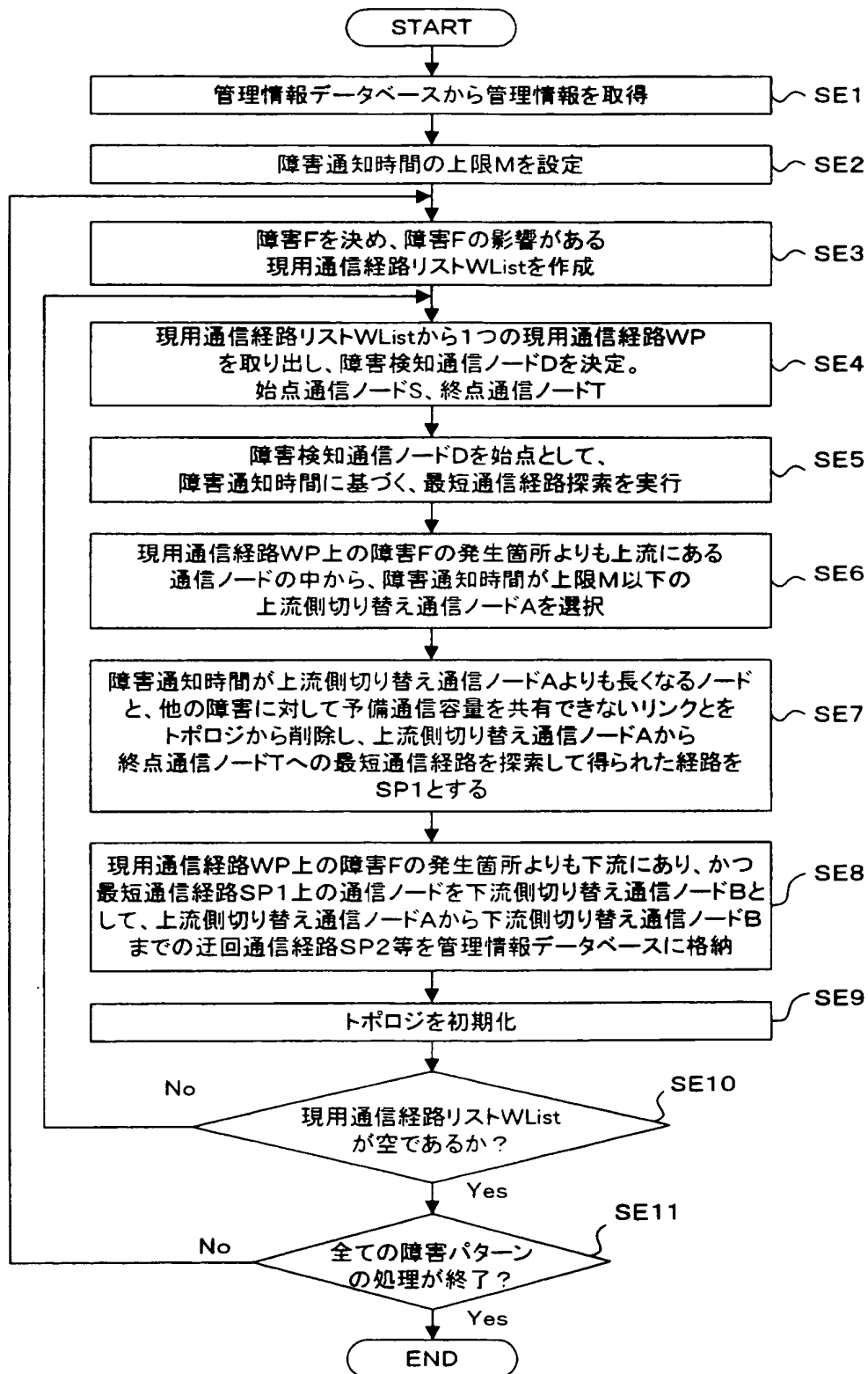
【図15】

図14に示したステップSD6で、他の障害に対して予備通信容量を共有できないリンクをトポロジから削除する理由を説明する図



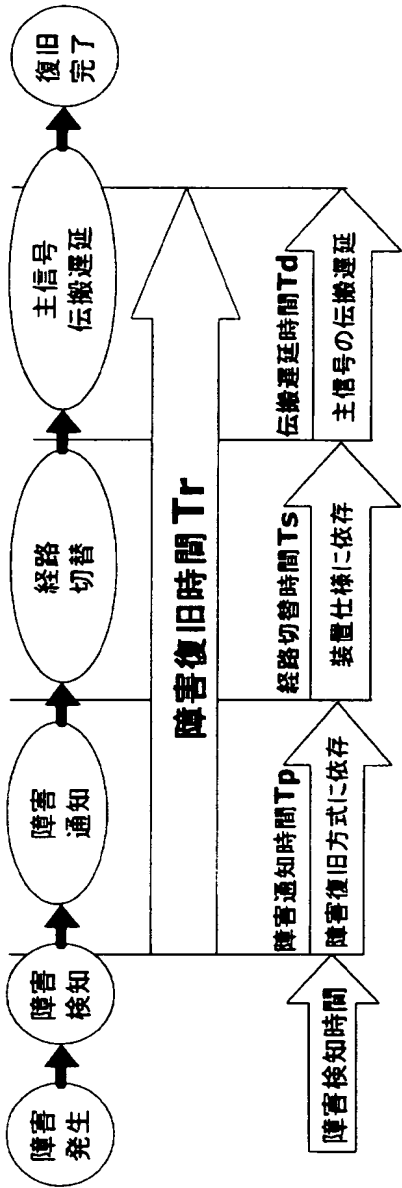
【図 16】

## 第4の迂回通信経路設計処理を説明するフローチャート



【図 1 7】

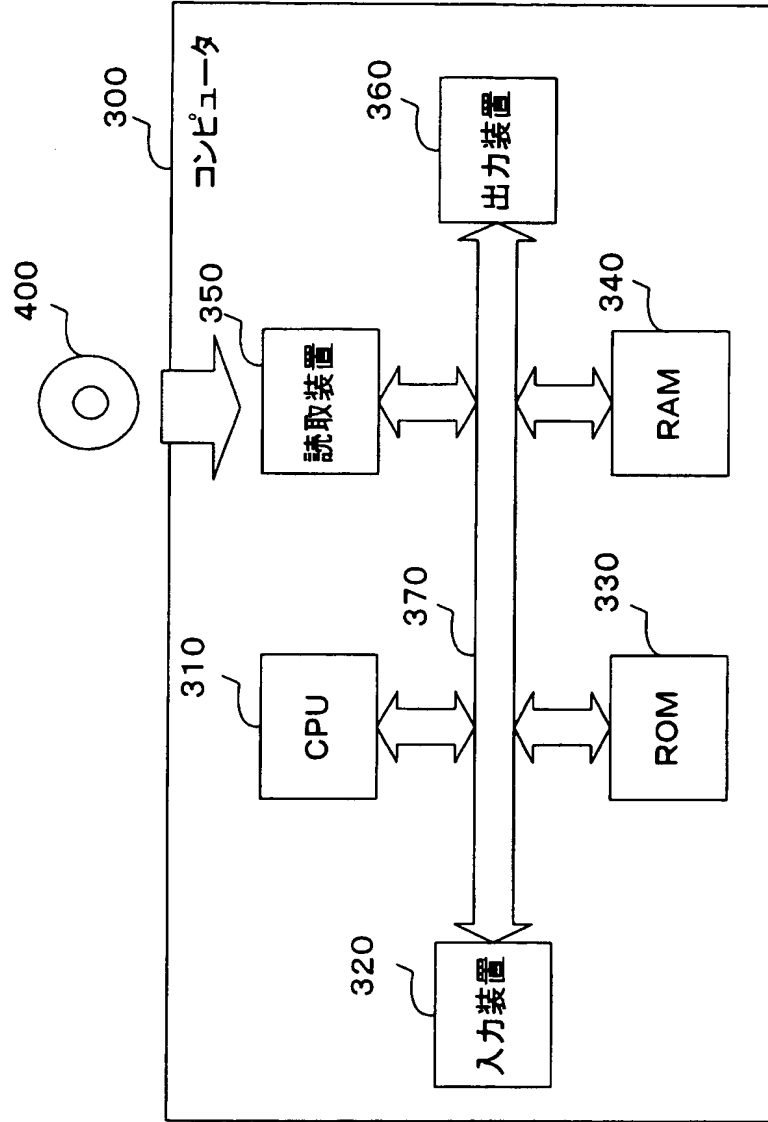
一実施の形態における障害復旧時間の計算方法を説明する図



$$T_p + T_s + T_d = T_r$$

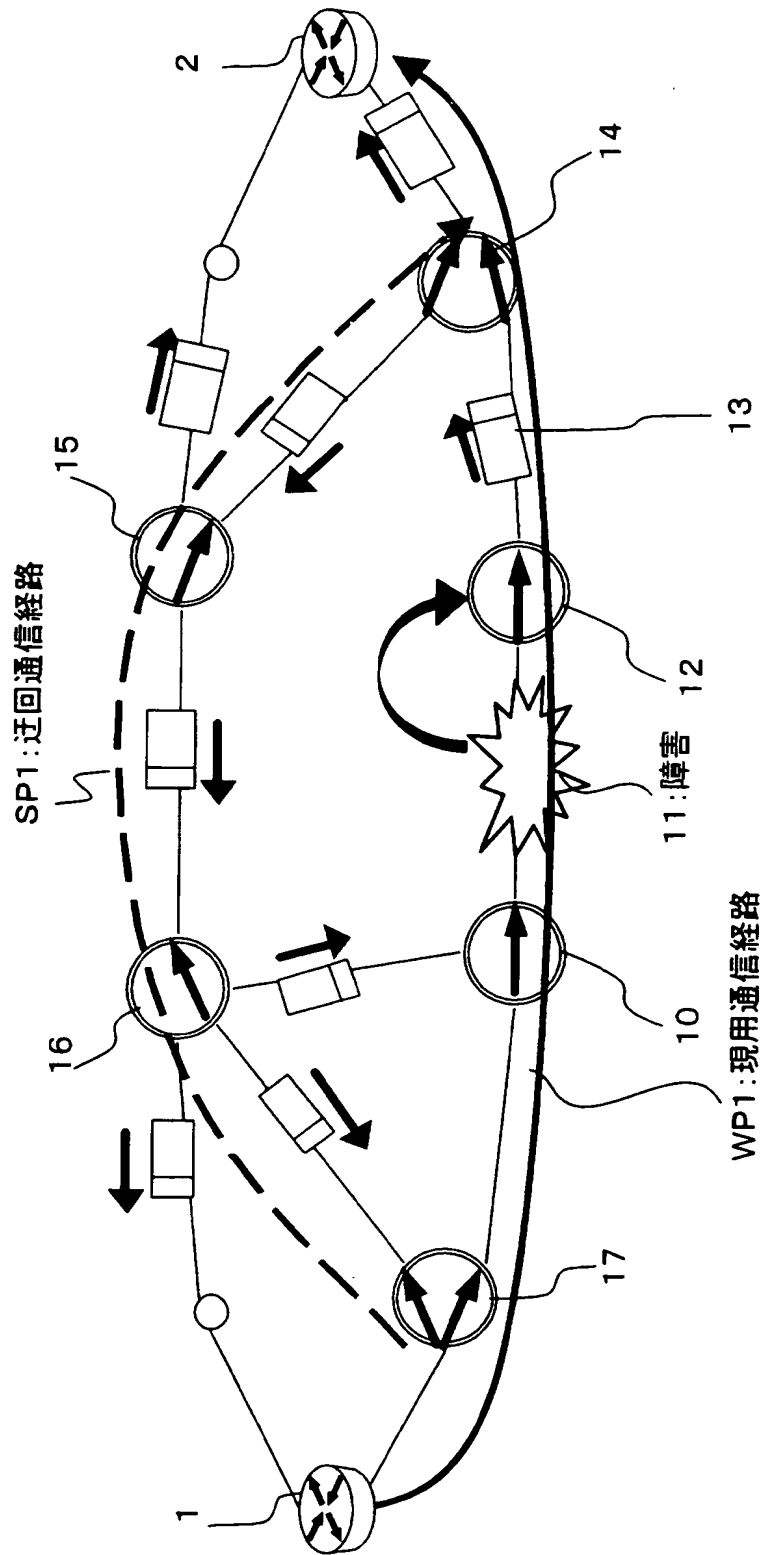
【図 18】

一実施の形態の変形例の構成を示すブロック図



【図 19】

従来のプリプラン型障害復旧方式を説明する図



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 より現実的に、障害発生時に通信経路の復旧時間を短縮すること。

【解決手段】 複数の通信ノードを接続して構成される光通信ネットワークNWの各通信ノードに迂回通信経路情報を予め設定しておき、リンク障害または通信ノード障害が発生した場合、障害検知通信ノードDが障害箇所情報を含む障害通知メッセージを各通信ノードに転送し、障害通知メッセージを受信した通信ノードが並列に通信経路を切替える通信ネットワークの迂回通信経路設計方法であって、現用通信経路WP上の障害Fの箇所より上流にある通信ノードの中で、障害検知通信ノードDから障害通知メッセージを転送する時間が最小の上流側切り替え通信ノードAを選択し、上流側切り替え通信ノードAへの障害通知時間を越えない通信ノードから構成される迂回通信経路を探索する。

【選択図】 図8



特願 2003-098198

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000005223]

1. 変更年月日

1996年 3月26日

[変更理由]

住所変更

住 所

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

氏 名

富士通株式会社